

Experimentelle Untersuchungen
über die Abschlußdichtigkeit der in der Zahn-
heilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien
*unter Berücksichtigung
der bei Mundtemperatur selbständig erhärtenden Kunstharze
und ihrer Einwirkung auf die lebende Pulpa*

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der
Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

MAX FISCHER
von Rümikon

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. W. Heß

Zürich 1949

Buchdruckerei Berichthaus Zürich

Experimentelle Untersuchungen
über die Abschlußdichtigkeit der in der Zahn-
heilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien
*unter Berücksichtigung
der bei Mundtemperatur selbständig erhärtenden Kunstharze
und ihrer Einwirkung auf die lebende Pulpa*

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde der
Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

MAX FISCHER
von Rümikon

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. W. Heß

Zürich 1949

Buchdruckerei Berichthaus Zürich

Meinen lieben Eltern gewidmet



Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
(Direktion: Prof. Dr. med. W. Wild)

Klinische Abteilung (Leiter: Prof. Dr. med. W. Heß)

Experimentelle Untersuchungen über die Abschlußdichtigkeit der in der Zahnheilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien

*unter Berücksichtigung der bei Mundtemperatur selbständig erhärtenden
Kunstharze und ihrer Einwirkung auf die lebende Pulpa*

von *Max Fischer*

616.314 089.27 × 1

Geschichtlicher Teil

Der Wichtigkeit eines einwandfreien Randschlusses von in der Zahnheilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien entsprechend, haben sich viele Forscher die experimentelle Prüfung der Volumenveränderungen, welche besonders die in plastischem Zustande in die Zahnkavität gebrachten Stoffe während und noch längere Zeit nach dem Erhärten erfahren, zur Aufgabe gestellt.

Die erste Einführung eines Amalgams für zahnärztliche Zwecke erfolgte um die Mitte des 18. Jahrhunderts durch *Regnart*, der zu 10 Teilen der *Darcetschen* Masse (8 Teile Wismut, 5 Teile Blei, 3 Teile Zinn) einen Teil Quecksilber mischte (*Heß-Walkhoff* 1931). Diesem folgte später das Silberamalgam von *Taveau* und 1855 dasjenige von *Townsend* (*Fenchel* 1920).

Solche Silberamalgame wurden von *Sullivan* (1844) und *Kallaun* (1855) auf ihre Formveränderung durch Feststellung ihres spezifi-

schen Gewichtes untersucht, und zwar gleich nach dem Amalgamieren der Feilung und in der darauffolgenden Zeit.

Ebenso prüften gegen das Ende des 19. Jahrhunderts andere Zahnärzte, wie *Ch. S. Tomes*, *Kirby*, *Fletscher*, *St. Georg*, *Elliot*, die sehr kleinen Variationen des Volumens, welche bei den Amalgamen vorkommen können, mit Hilfe der hydrostatischen Waage.

Fenchel beschrieb 1901 ein dem Flüssigkeitsthermometer ähnliches Instrument, das sich zur Darstellung von Volumenschwankungen kleiner Amalgamstückchen eignet: in die Kugel brachte er das zu prüfende Amalgam, wobei sich dessen Raumänderungen durch das Steigen oder Fallen der Flüssigkeitssäule in der graduirten Steigrohrkapillare erkennen ließen.

Nach der Einführung der Silikatzemente im Jahre 1903 durch *Steenbock* stellten *Dieck* (1922) und *Linke* (1936) ähnliche Kapillarversuche zur Untersuchung dieser Zemente an. Sie konstatierten zunächst eine Expansion als Folge der chemischen Abbinde-wärme, der später eine Kontraktion folgte, die nach vier Tagen beendet war.

Kritische Stellung zu solchen Versuchen nahm *Greve* (1903) ein, der mit Recht bemerkte, das Fehlen einer Volumenveränderung schließe eine Formveränderung des Probestückes nicht aus. Zudem stellte er fest, daß der Berücksichtigung von Temperatur und Barometerstand bei den bisherigen Messungen keine Beachtung geschenkt wurde.

Volumenveränderungen, wie sie die Amalgame nach ihrer Verarbeitung erfahren, machten *Witzel* (1871), *Kirby* (1891) und *Tuor* (1931) dadurch augenscheinlich, indem sie Amalgame in Elfenbein-, Glas- oder Stahlmatrizen stopften. Eine Anzahl solcher Ingots verloren später ihren Randschluß und ließen sich in ihren Hohlformen bewegen. *Tuor* beließ seine Versuchsobjekte während 4 Monaten in der den Speichel ersetzenden *Calberlaschen* Flüssigkeit bei 37° C und untersuchte sie unter dem Mikroskop auf ihren Randschluß. Ein Drittel der untersuchten Amalgame zeigte hier eine geringe Kontraktion, was auf deren hohen Zinngehalt zurückgeführt wurde.

Proell (1913) beschrieb das Losewerden von Silikatzementproben in Glasnäpfchen.

Witzel (1899) und *Kirby* (1892) demonstrierten an dünnwandigen,

mit Amalgam ausgestopften und an beiden Enden dichtverschlossenen Glasröhrchen die Expansion von Amalgamlegierungen. So wurde ein mit reinem, aus staubfeiner Feilung bereitetem Goldamalgam gefüllter Glaszylinder nach 65 Tagen gesprengt; ein mit dem Amalgam von Ag und Zn $\overline{aa}$ gestopfter Zylinder erfuhr eine Sprengung bereits nach 3 Tagen.

Die Methode von *Black* (1885), die formlichen Veränderungen des Amalgams während und nach der Verhärtung zu beobachten, besteht darin, daß er, nachdem er das Amalgam in eine Stahlmatrize gestopft und in die nach außen gerichtete Fläche desselben ein dünnes Stahlblech hineingepreßt hatte, durch Mikrometermessungen die Grade der axialen Veränderungen des Probestückes zu bestimmen suchte.

Fenchel (1920) bemerkte zu den Versuchen *Blacks* (1885): «Nirgendwo findet sich bei *Black* aber die Temperatur der Messung festgestellt, indem diese doch das Volumen der Prüfkörper in positivem oder negativem Sinne nicht unerheblich beeinflußt.»

Mit Hilfe einer Federlehre, wie sie durch *Dieck* (1922) bei seinen methodischen Prüfungen der Silikatzemente benützt wurde, lassen sich Längenveränderungen eines normierten Versuchszylinders direkt messen. Bei seinen Versuchen achtete *Dieck* darauf, daß sowohl Apparat als auch Zementzylinder bei der konstanten Temperatur von 37° C in Wasser gehalten wurden. Alle untersuchten Präparate zeigten Formbeständigkeit. *Kulka* (1911) und *Schoenbeck* (1931) übernahmen die Versuchsanordnung von *Dieck*, ebenso *Tappe* (1938), der die Steinzemente auf ihre Eignung als zahnärztliches Füllmaterial prüfte.

Tuor (1939) ist der Auffassung, die leichte Kontraktion, die er bei einigen untersuchten Amalgamen feststellen konnte, habe ihre Ursache in der Zusammensetzung des Produktes und nicht in dem sehr minimen Federdruck der verwendeten Federlehre, welcher nicht ausreiche, einen Amalgamblock im Sinne einer Kontraktion zu deformieren.

Witzel (1899) und *Hensel* (1922) benützen die Photographie zur Prüfung der Formveränderungen plastischer Füllmaterialien. Ersterer erhielt ein Kontrollresultat durch Ausmessen von zu verschiedenen Zeiten vom gleichen Standpunkte aus hergestellten, vergrößerten photographischen Aufnahmen. Der letztere photogra-

phierte ein- und dieselbe Silikatfüllung im Munde des Patienten bei schwacher Vergrößerung im Verlaufe mehrerer Jahre und konnte damit das Bild von den Veränderungen geben, denen die Form unterworfen ist.

Heuser beschrieb 1948 oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluß von Füllungen. Er bediente sich dabei der zur histologischen Beurteilung der Oberflächen der Hartsubstanzen der Zähne von *Wolf* (1940) angegebenen Adhäsionsreliefmethode: Diese beruht auf der Gewinnung eines Abdruckes von der zu untersuchenden Oberfläche durch deren Bestreichen mit einer Zelluloidlösung. Nachdem diese eingetrocknet ist, wird sie mit einem gummierten Cellophanstreifen abgehoben, auf einen Objektträger gebracht und dann im durchfallenden Lichte bei schiefer Beleuchtung untersucht. Diese Technik vermittelt ein plastisches Bild von dem durch den Abdruck wiedergegebenen Oberflächenrelief und erlaubt die mikroskopische Auswertung der untersuchten Fläche.

Unter anderem eignet sich diese Methode auch zur mikroskopischen Beurteilung des Randschlußgebietes bei Füllungen, wodurch die Bewertung des Füllungsrandes über die Kritik der Sondierung hinaus mikroskopischen Feinheiten unterworfen werden kann.

An Hand von verschiedenen Abbildungen zeigte der Verfasser den Einfluß der im richtigen Zeitpunkte erfolgten Finierung und Politur von Amalgamfüllungen, wobei eine Schlußbearbeitung des Amalgams mit dem Schlagpolierer beste Randschlußresultate ergab.

Hensel (1922) zitierte ein weiteres, originelles Verfahren zur Untersuchung der Schrumpfung der Silikatzemente, das *Remler* angegeben hat: Um die Größe des Schwundes messen zu können und Vergleichswerte zu erhalten, ließ *Remler* einen runden, glatt polierten Bronzestab anfertigen, der bei einer Länge von 200 mm in 2 gleichlange Teile zerfiel. Die eine Hälfte hatte eine Durchmesserstärke von 10 mm, die andere verdünnte sich gegen das freie Ende um 1 mm, das heißt 1 mm Länge entsprach also einem Differenzdurchmesser von 0,01 mm. Hatte nun ein Zementring von 10 mm ursprünglichem Durchmesser, der 15 Minuten nach seiner Fertigstellung vorsichtig vom Stabe gezogen wurde, bei Mundkondition seinen Durchmesser verringert, so konnte man ihn nicht mehr auf Teilstrich 100 der konischen Stabhälfte bringen. Unter Verwendung

des *Remlerschen* Meßstabes wurden bei Zementen Kontraktionen bis 3,7% errechnet.

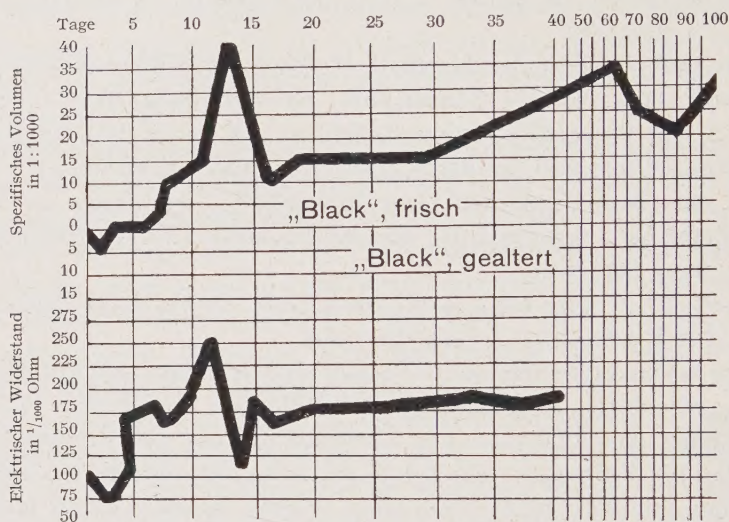
Eine weitere Methode zur groben Prüfung der Silikatzemente ist diejenige nach Art der Bauzemente. So verfertigte *Dieck* (1922) 1 bis 2 mm dicke Silikatzementscheiben mit einem Durchmesser von etwa 50 mm und bewahrte diese einige Wochen in Wasser von 37° C auf. Beim Eintreten einer Kontraktion entstanden an der Peripherie der Versuchsplatte und bei Expansion in der Mitte der Platte feine Haarrisse.

Proell (1913) legte um Glasröhrchen 1 bis 1,5 mm dicke Zementringe: bei Kontraktion traten Risse auf.

Röse beobachtete 1893 an in Wasser eingetauchten und mit sorgfältig gedichteten, gehämmerten Goldfüllungen versehenen Phantomzähnen das Austreten von Luftbläschen aus der Randspalte. Wurden die Füllungen dem Zahne gut anpoliert, entstanden keine Bläschen und *Röse* betrachtete einen solchen Randschluß als ideal, *Rühle* (1922) bemerkte dazu, der Austritt von Luft zwischen Zahn- und Füllungsrand sei wohl ein zu grobes Merkmal, um darauf den Schluß zu gründen, daß, wo keine Luft austrete, der ideale Randschluß erreicht worden sei.

Den Nachweis der Dichteveränderung eines Metalles oder einer Legierung durch die Veränderung des elektrischen Widerstandes erbrachte *Fenchel* (1920), indem er durch gleichzeitige Messungen der Schwankungen des Volumens und des Widerstandes von Amalgamproben zeigte, daß beide Erscheinungen im inneren Zusammenhange stehen, indem sich alle Veränderungen in der Dichte eines Metalles oder einer Legierung in einer Veränderung des Widerstandes, den die Metalle und Legierungen dem Durchgange des elektrischen Stromes entgegensetzen, bemerkbar machen. Durch die Messung des elektrischen Widerstandes war *Fenchel* daher in der Lage, die geringsten Schwankungen im Innern eines Amalgames festzustellen.

Eine weitere Methode für die Prüfung auf Formbeständigkeit zahnärztlicher Füllungsmaterialien ist die sogenannte Tintenprobe, die auf der Feststellung beruht, ob ein Verschlußmaterial, welches eine Glasröhre oder die Kavität eines Zahnes so dicht als möglich verschließt, eine darüber befindliche Schicht Farblösung der Randspalte entlang in die Tiefe durchsickern läßt.



Kurve des Volumens und des elektrischen Widerstandes einer Amalgamlegierung
(nach Fenchel)

Witzel (1902) benutzte für seine Tintenproben an Amalgamen wässrige Eosinlösung. Dabei war es gleichgültig, ob er das Eosin in Wasser oder in frischem Speichel löste; die Resultate wurden durch die verschiedenen Lösungsmittel nicht beeinträchtigt. In keinem Falle fand er einen eosindichten Abschluß gegenüber der Glaswand.

Friedemann (1903) legte im Gegensatz zu Witzel (1902), der seine Versuche bei Zimmertemperatur tätigte, den größten Wert darauf, daß die Amalgame in Glasröhren von Mundtemperatur gestopft und während der ganzen Beobachtungszeit auf dieser gehalten wurden. Das von ihm verwendete, eine Amalgamkontraktion sichtbar-machende Mittel war wässrige Eosinlösung, der etwas Gummi arabicum zugesetzt wurde, so daß die Viskosität dieser Lösung derjenigen des Speichels ziemlich nahe kam. Alle derart durch Friedemann untersuchten Amalgame zeigten nach einer Beobachtungsdauer von nur 20 Tagen vollständige Eosindichtigkeit. Kritisch bemerkte dazu Witzel (1900), daß Formveränderungen in Amalgamen nach Jahr

und Tag ihren Abschluß noch nicht gefunden haben, und daß nur größere Temperaturniedrigungen an größeren Prüfkörpern die Sicherheit des Experimentes gefährden könnten. Zudem verkleisterte das der Eosinlösung zugefügte Gummi arabicum die Randspalte und verunmöglichte das Einsickern des Farbstoffes.

Dasselbe Verfahren wurde durch *Eckström* und *Elander* (1900) angewandt; ebenso fanden *Rattel* und *Loebich* (1928 und 1929) bei keinem von 4 untersuchten Amalgamen einen fuchsindichten Abschluß. *Tuor* verwendete zur Sichtbarmachung der Randspalte entweder *Loefflers* Methylenblau- oder Gentianaviolettlösung, nachdem er die Versuchsproben zuerst 8 Tage in künstlichem Speichel bei Thermostatttemperatur von 37° C belassen hatte.

Proell (1913) und *Morgenstern* (1905) machten Eosin- und Methylenblauprobe mit Silikat- und Zinkphosphatzementen und konstatierten überall die Diffusion von Farblösung zwischen Zement und Matrice. Bei einigen Präparaten vermochte der Farbstoff bereits nach 5 Minuten, bei anderen erst nach 3 Wochen zwischen Zement und Glaswand einzudringen.

W. Clyde Davis (1935) legte für 72 Stunden Probekörper verschiedener Zementsorten in Speichel, der mit einigen Tropfen Karbolfuchsin versetzt war. Die Resultate ergaben, daß früher oder später alle Zemente eine größere oder kleinere Schrumpfung erlitten hatten.

Witzel (1900) vertrat die Meinung, daß sich die meisten Amalgame nach ihrer Verarbeitung vorerst kontrahieren, um dann eine spätere Expansion zu erfahren. Den Beweis dazu erbrachte er durch die sogenannte Doppelfärbung: nach 2 Monaten ließ ein Präparat rote Eosintinte eindringen, wurde aber nach weiteren 2 Monaten gegenüber einer blauen Methylenlösung randdicht. Dazu bemerkte *Eckström* (1900), daß die Randspalte durch die primär zugeführte Eosintinte verstopft wurde.

Verschiedene Forscher legten bei den Untersuchungen von Füllungsmaterialien Wert darauf, die Mundverhältnisse möglichst genau nachzuahmen. Sie versahen extrahierte Zähne mit den verschiedensten Gruppen von Füllungsmaterialien und legten solche Phantomzähne in Farblösung. Später wurden diese Zähne entweder auseinander gesprengt oder geschliffen und untersucht, wie weit die Farblösung vermocht hatte, zwischen der Zahnwand und der Füllung einzudringen.

Witzel (1902) verwendete bei seinen gründlichen und systematischen Versuchen zur Prüfung des Randschlusses von verschiedenen gebräuchlichen Füllungsmaterialien gegenüber Zahnhartsubstanz eine Eosinlösung. Dabei war es gleichgültig, ob das Eosin in Wasser oder in frischem Speichel gelöst wurde; die Resultate wurden durch die verschiedenen Lösungsmittel nicht beeinträchtigt. Er untersuchte besonders Amalgam-, Gold-, Zinngold-, Zement-, Guttapercha- und Porzellanfüllungen und konnte bei keiner der im Munde gelegten Füllungen Eosindichtigkeit feststellen.

Thiersch (1906) beschrieb eine Randschlußprüfung mit Eosin, angestellt an zwei Mahlzähnen mit gleich großer Goldeinlage; der Rand blieb eosindicht.

Richter (1910), *Proell* (1913) und *Schoenbeck* (1931) konstatierten Eosinundichtigkeit bei allen Zementfüllungen an Phantomzähnen.

Rühle stellte 1922 seine ersten orientierenden Versuche an Amalgam-, Goldguß- und gehämmerten Goldfüllungen ebenfalls mit Eosinlösung an extrahierten Zähnen an. Dabei wurden die Resultate *Witzels* (1902) bestätigt: keine der im Munde gelegten Füllungen blieb eosindicht und jede kleine Verletzung des Zahnes sowie der Zahnwurzelhals ließen den Farbstoff durchtreten. Er schloß aus dieser Beobachtung, daß das Eosin als ein molekular verteilter Farbstoff zur Prüfung des Randschlusses zu fein dispers sei. Aus der Fülle der kolloiden, gröber dispersen Farbstoffe wählte er deshalb das Kongo-Rubin und das Kongo-Rot, welch ersteres eine Mittelstellung zwischen den eigentlichen kolloiden und den molekularen Farbstoffen einnimmt, letzteres ein rein kolloider Farbstoff ist. Die Dispersitätsgrade sind also verschieden. So beobachtete *Rühle* das tiefe Eindringen von molekular dispersen Farbstoffen ins Zahnbein auch von Stellen aus, die nur sehr wenig oder gar nicht verletzt waren (Wurzelhals), währenddem kolloide Farbstoffe zu ihrem Eindringen breitere Risse oder Fugen benötigten. *Rühle* vertrat nun folgende Ansicht: «Vielleicht erlaubt ein Ausbau der Methode, eventuell durch Variieren der Einwirkungszeit und der Farbstoffe, die Größen der durchschnittlichen Randschlußfehler der einzelnen Füllungsarten dadurch zu bestimmen, daß man die Tiefe der Rotfärbung im Dentin mit derjenigen bei meßbaren Rißbreiten vergleicht.

Mit Hilfe von Unterdruck brachte *Schoenbeck* (1931) eine Me-

thylenviolettlösung in die Randspalten einer Silikatfüllung eines extrahierten oberen Eckzahnes. Er eröffnete zu diesem Zwecke die Pulpa und stopfte das Pulpakavum mit Watte aus. Die Wurzel wurde zur Hälfte abgeschnitten und darauf am Wurzelende eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen. Die Zahnkrone wurde in die Farblösung gegeben. Durch die Saugwirkung wurde die Lösung bei Kontraktion der Füllung in den Zahn verbracht und verfärbte die Watte.

Auch *Kirby* (1892) versuchte in einem seiner frühesten Experimente, flüssige Färbemittel mit Hilfe eines partiellen, luftleeren Raumes durch die Randspalte der Versuchskörper zu ziehen. Seine Versuchsröhrchen stellte er in eine kleine Tasse, die das Färbemittel enthielt und an das untere Ende einer Spritze angeschraubt war. Durch das Anziehen des Pistons der Spritze entstand ein partiell luftleerer Raum, welcher die Flüssigkeit sofort zwischen Amalgam- und Röhrenwand eindringen ließ.

Da neben der Volumenbeständigkeit eines Zahnfüllungsmaterials auch seine Löslichkeit und seine Durchlässigkeit für Flüssigkeiten und Bakterien, seine Anschmiegarkeit an die Kavitätenwände sowie seine Festigkeit gegenüber dem Kaudrucke für einen einwandfreien Randschluß von Wichtigkeit sind, wurden auch in diesen Richtungen Materialprüfungen unternommen.

Lemley (1903), *Richter* (1910), *Kulka* (1911) und *Dieck* (1922) prüften die Widerstandsfähigkeiten von Zementen gegen chemische Einflüsse, die sich in deren Gewichtsverlust zu erkennen gaben. Es sollte daher der Gewichtsverlust gemessen werden, den die Probekörper aus bestimmtem Material in bestimmten chemischen Agentien, und zwar Flüssigkeiten, erlitten. *Lemley* benutzte eine starke Ammoniaklösung und bemerkte nur geringste Zersetzung an der Zementoberfläche; die übrigen angeführten Autoren beließen die Silikatzementproben in 0,5–1 %iger Milchsäure und stellten durch Wägungen den Gewichtsverlust infolge Oberflächenlösung fest.

Dieck (1922) versuchte festzustellen, inwieweit die Zemente nach dem Füllen fähig sind, Feuchtigkeit aufzunehmen. Er stopfte das Versuchszement in eine Metallform und wog den so entstandenen Präzisionszylinder nach seiner Abbindung im Thermostaten bei 37° C. Darauf legte er den Zementkörper in 25 cm³ Wasser von

37° C, wo er 24 Stunden lang verblieb, um nach vollkommener Trocknung nochmals gewogen zu werden. Die prozentual umgerechnete Gewichtszunahme stellte den Grad der Hydratisierung dar.

Weitere experimentelle Untersuchungen verschiedener Zahnfüllungszemente wurden in bezug auf ihre Durchdringlichkeit auch von *Lemley* (1903), *Morgenstern* (1905), *Richter* (1910), *Kulka* (1911), *Dieck* (1922), *Hensel* (1922), *Meister* (1925), *Tiscornio* (1928) und *Streich* (1936) ausgeführt.

Dieck (1922) prüfte die Dichte der Silikatzemente mit alkalischem (Methylenblau) und saurem Farbstoff (rote Tinte). Er fand nach 24 Stunden nur eine äußere Oberflächenverfärbung. *Richter* (1910) und *Proell* (1913) benutzten außer Methylenblau auch Fruchtsäfte als Färbungsmittel und wiesen darauf hin, daß Fruchtsäfte ein wesentlich stärkeres Eindringungsvermögen besitzen als Anilinfarben. *Hensel* (1922) führte das Le-Chatelier-Verfahren an; danach wurde ein Zementprüfkörper vorerst in eine Ferrozyankalilösung gegeben und darauf in eine Ferrisalzlösung. Die dabei entstandenen Niederschläge gaben das Eindringungsvermögen an.

Tiscornio (1928) stellte Versuche darüber an, in welchem Maße und bis zu welchem Grade die Silikatzemente für Tee, Kaffee, Wein und Paraguaytee durchlässig seien, indem er Blöcke aus den verschiedenen Silikatzementen in obgenannte Flüssigkeit für 24 Stunden verbrachte. Mit Ausnahme von *De-Trey*-Zement ergaben sich für Tee durchwegs leichte Verfärbungen. *Meister* (1925) fand bei Zementen Farbdurchlässigkeit und schloß daraus auch auf Bakteriendurchlässigkeit. *Streich* (1936) kam zu dem Ergebnis, daß Farbdurchlässigkeit mit Bakteriendurchlässigkeit keineswegs gleichzusetzen sei, indem Farbstoffmoleküle wesentlich kleiner seien als Bakterien.

Proell, der sich schon 1913 mit experimentellen Untersuchungen über die Ursachen des Zahnpulpatodes beschäftigte, stellte unter anderem auch Durchlässigkeitsuntersuchungen von Zementen für Bakterien an und fand vollkommene Undurchlässigkeit.

Seitz und *Weigele* (1920) führten bei verschiedenen Füllmitteln Durchlässigkeitsuntersuchungen an und stellten Bakteriendurchlässigkeit bei Zementen fest. *Roth* wiederholte 1921 ihre Versuche mit dem Resultat, daß die Versuchszemente praktisch bakterien-dicht blieben.

Auch *Sommer* (1926) und *Meister* (1929) stellten Bakterien- und durchlässigkeit fest. In demselben Jahre fanden *Cserney* und *Rattel* Bakteriendurchlässigkeit, ebenso *Sulke* und 1937 *Knöber*, die die Untersuchungsergebnisse *Cserneys* nachprüften.

Lemke-Keßler (1941) ließ Wasser, Wasser-Farbstofflösungen, unverdünnte Bouillon und auch Bouillon-Farbstofflösungen mit Hilfe von Unterdruck durch verschiedene Zemente durchsaugen und kam bei einzelnen Proben zum positiven Resultate.

Bardaszowna (1930), welche die Durchlässigkeit von provisorischen Füllungsmaterialien für Farbstoffe und Bakterien untersuchte, fand als am wenigsten durchlässig Originalfletcher, Aquadont, Guttapercha von S. S. *White*. Die gemachte bakteriologische Untersuchung ergab Undurchlässigkeit nur bei Thymolzement.

Über die Porosität der Amalgame schrieb *Hedström* (1903), daß diese alle Flüssigkeit in sich aufnehmen. Einige Amalgame hatten dauernd unter Wasser liegend noch am sechsten Tage Geneigtheit, Wasser aufzusaugen.

Über Korrosionserscheinungen, wie sie an Metallen und Legierungen im Munde sich zeigen können, berichteten neben *Löbich* (1931), *Hahn* (1935), *Brecht-Bergen* und *Choulant* (1936), *Falk* (1937), *Greth* (1937), viele andere Autoren.

Um einen möglichst hohen Grad von Anschmiegsamkeit zur Erzielung eines wasserdichten Verschlusses von Zementen zu erreichen, bemerkte *Tappe* (1938), ist es notwendig, ein möglichst feines Korn zu benutzen (etwa 17000 Maschen auf 1 cm²). Die spezifische Klebekraft der angerührten Zemente steht mit der Feinheit des Kornes im inneren Zusammenhange. Je feiner das Korn ist, um so eher dringt die flüssige Masse in die Poren des zu kittenden Materials ein und erhärtet darauf. *Kunert* (1939) untersuchte diese Klebekraft von Phosphatzementen gegenüber Dentin, indem er zwei Dentinplättchen von 1 cm² Oberfläche mit Phosphatzement belegte und diesen unter dem konstanten Drucke von 400 g während 1 Stunde abbinden ließ. Später wurden die fest aufeinanderhaftenden Dentinplättchen steigender Zugwirkung ausgesetzt, bis ihre Trennung eintrat. Der Mittelwert der Klebekraft von dick angerührtem Phosphatzement gegenüber Dentin betrug 14 kg/cm², derjenige von dünn angerührtem Phosphatzement 27 kg/cm².

Die Methoden der Festigkeitsmessungen sind sehr zahlreich und

unterschiedlich. Sie wurden durch alle jene Forscher angewandt, welche Zahnfüllungsmaterialien systematisch untersuchten. *Elliot* beschrieb bereits 1884 einen speziell hergestellten Zermalmungsapparat zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von normierten Amalgamblocken. Der zum Zerbrechen dieser Prüfkörper notwendige Kraftaufwand diente als Maß für die Widerstandsfähigkeit.

Später versuchten auch *Witzel* (1899) und andere, die Größe des Widerstandes von Amalgamen zu bestimmen, den diese der Trennung ihrer einzelnen Teile entgegensetzten, währenddem *Morgenstern* (1905) und *Dieck* (1922) die Zemente einer bezüglichen Prüfung unterzogen. *Haber* gab 1927 eine interessante Versuchsanordnung zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Füllungsmaterialien an. Er schrieb: «Die zu prüfende Füllung wird in einem Gewindeapparat, der einer Presse ähnlich ist, so eingesetzt, daß sie senkrecht dem mit dem zentralen Einsatzteil in der Presse montierten *Haberschen* Kaudruckmesser gegenübersteht. Durch Zuschrauben der Presse wird ein auf dem Kaudruckmesser ablesbarer Druck ausgeübt.» Aus *Habers* Amalgamuntersuchungen seien einige Zahlen angeführt: gutes Goldamalgam wurde nach 4 Stunden Härtungsdauer bei 2 kg Druck zerquetscht; nach 7 Stunden Bruch der Amalgame bei 4–16 kg Druck, nach 18 bis 26 Stunden traten noch Sprünge bei 15–20 kg Druck auf.

Crowell (1932) wies auf die Notwendigkeit der Normalisierung der Untersuchungsmethoden von Dentalmaterialien hin und bemerkte, daß nur Materialien, die nach gleichen Methoden geprüft werden, vergleichbare und damit brauchbare Untersuchungsergebnisse ergeben.

In diesem Sinne arbeitete bis zu Beginn des Zweiten Weltkrieges das Zahnärztliche Material-Prüfungs-Amt (Zämpa) in Berlin, währenddem das Bureau of Standards in Washington, USA, seit 1919 seine Prüfstelle für zahnärztliche Werkstoffe ununterbrochen in Tätigkeit behielt. Seit 1928 ist diese Stelle mit einer Researchstaff, bestehend aus 1 Zahnarzt, 1 Physiker und 2 Chemikern, tätig, die ihrerseits mit der wissenschaftlichen Kommission der American Dental Association in enger Verbindung steht. Ihr Aufgabenkreis umfaßt neben der Formulierung von Norm-Aufstellungen (Spezifikationen) auch die Erforschung der Verarbeitungsart und der Beeinflussung der Eigenschaften zahnärztlicher Werkstoffe durch die

besondere Dentaltechnik. Entspricht ein frei im Handel erworbenes Produktmuster den durch das Bureau of Standards aufgestellten Minimalforderungen, so wird es auf einer der periodisch in der offiziellen amerikanischen Fachzeitschrift publizierten Liste der «Certified Materials» angeführt. Durch neue Befunde der Wissenschaft, durch Anregungen aus der Praxis und von seiten der Hersteller können von Zeit zu Zeit diese Minimalforderungen revidiert werden. (Dolder 1943). So revidierten *Paffenbarger* und *Sweenly* vom Bureau of Standards 1934 zum erstenmal die Minimalforderungen für Amalgam. 1938 wurden die Silikatzemente durch *Paffenbarger*, *Choonover* und *Souder* spezifiziert.

Drei Beispiele von Spezifikationen des Bureau of Standards

<i>Amalgam</i>	Spec. No. 1 (1927/34)
Silbergehalt	min. 65 %
Vollständige Amalgamierung	max. 3 min
Schnitzbarkeit	min. 15 min
Längenausdehnung nach 24 Stunden	3–13 microns/cm
Fluß (22° C, 250 kg/cm ²) 24 Stunden	max. 4 %
<i>Silikatzemente</i>	Spec. No. 9 (1938)
Abbindungszeit	5–8 min
Härtegradmessung	min. 1260 kg/cm ²
Löslichkeit und Auflösung	max. 2 %
Transparenz (7 Tage)	0,35–0,55
<i>Acrylkunstharze</i>	Spec. No. 12 (1941)
Durchbiegung 37° C	4 kg max. 2,6 mm
	6 kg 3–8 mm
Saugefähigkeit 25° C 24 Stunden	max. 0,7 mg/cm ²
Löslichkeit	max. 0,1 %

Die vom Bureau of Standards herausgegebenen Spezifikationen basieren auf sehr hoch entwickelten physikalisch-chemischen Laboratoriums-Testmethoden. *Dolder* (1943) forderte zudem für einen zahnärztlichen Werkstoff, der längere Zeit im Munde verbleibt, wie zum Beispiel ein Füllungsmaterial, neben den primären Unter-

suchungen im Laboratorium noch die klinische Prüfung am Patienten während 2 bis 3 Jahren. Diese Prüfungen erlaubten erst eine abschließende, sichere Beurteilung des Verhaltens von zahnärztlichen Werkstoffen in der Mundhöhle.

Über die Bewährung von Kunstharzinlays, die mittels Zement in der Zahnkavität befestigt werden, sowie die der Kunstharzstoffe, welche sich in plastischer Konsistenz in die Zahnhöhle einbringen lassen und dort selbständig aushärten, ist wenig bekanntgegeben worden.

Hoßkamp (1942) und *Haußmann* (1944) behaupteten lediglich, daß sich die Füllungsänder von Hekodontinlays mit Hilfe eines warmen Kugelstopfers gut adaptieren ließen. Von den durch *Schnebel* eingeführten, selbsthärtenden Kunststoffen berichtete *Deppe* (1942), daß durch leichtes Auswischen der Kavität mit monomerer Flüssigkeit vor Einbringung des plastischen Teiges der Kunststoff an den Kavitätenwänden besonders gut adaptiert und ein guter Füllungsverschluß des Zahnes und seiner Dentinkanälchen erreicht werden könne.

Schwarz (1947) beschrieb Zahnfüllungen aus Edeldkunstharz, die der Reihe der Phenoplaste zugehören. Durch Beimischungen von Edelmetallen, Glas und Quarzit hätten sich die guten Eigenschaften des Kunststoffes erhöht. Der Randschluß dieser Füllungen sei ausgezeichnet, indem keine Schrumpfung eintrete. *Häfeli* (1947), der sich mit dem Aufbau und den Eigenschaften von Dental-Kunststoffen befaßte, sagte: «Aus der Beschreibung des Wesens jeden Polymerisationsvorganges geht eine Erkenntnis hervor, die insbesondere für die konservierende Zahnheilkunde von Bedeutung ist. Wegen des Zusammenrückens der Grundmoleküle aus den Molekulardistanzen auf atomare während des chemischen Bindungsvorganges zum Makromolekül ist jede Polymerisation von einem direkt nicht vermeidbaren Volumenschwund begleitet. Deshalb werden sich auch mit Pasten, die bei Mundtemperatur auspolymerisieren, nie Füllungen legen lassen, die einen nur einigermaßen brauchbaren und genügenden Randschluß ergeben.»

1948 wiesen *Santorik* und *Stich* wieder auf das schon 1947 von *Schwarz* beschriebene PK-Füllungsmaterial hin, welches ein sogenanntes Gießharz darstellt, das halbflüssig angewendet, direkt im Munde auf einfache Weise durch Wärme ausgehärtet wird. Die Au-

toren wiesen auf die chemischen und mechanischen Eigenschaften dieses Gießharzes hin und konstatierten eine geringe Schrumpfung während der Abbindung.

Experimenteller Teil

Unsere Untersuchungen befaßten sich mit der Abschlußdichtigkeit von den bisher in der konservierenden Zahnheilkunde gebräuchlichsten Füllungsmaterialien sowie von einigen neueren Kunstharzen, die bei Mundtemperatur polymerisieren und für Füllungszwecke verwendet werden.

Zudem interessierte uns das Verhalten einiger im Handel erhältlicher, selbsthärtender Kunstharzstoffe gegenüber der lebenden Pulpa nach ihrer Einbringung in die Zahnkavität.

Materialbeschaffung

Das gesamte für die Untersuchungen benötigte Zahnmaterial stammte von Kindern der Schulzahnkliniken in Zürich. Für die Prüfung der Abschlußdichtigkeit von Füllungsmaterialien am Phantom wurden aus orthodontischen Gründen frisch extrahierte, kariesfreie oder durch wenig tiefe Fissurenkaries befallene Zähne verwendet. Füllungen für die Prüfung der Abschlußdichtigkeit am Patienten und solche, welche für die Untersuchungen auf ihr Verhalten gegenüber der lebenden Pulpa benötigt wurden, konnten an gut erhaltenen Sechsjahrmolaren und Prämolaren gelegt werden, die *im Verlaufe der folgenden 3 bis 6 Monate* aus orthodontischen Gründen der Zahnreihe entnommen werden mußten.

A. Abschlußdichtigkeitsprüfungen von Füllungsmaterialien

Die Durchführung dieser Versuche verlangte eine Reihe von Vorversuchen, die zunächst beschrieben werden sollen.

Vorversuche

Da die Abschlußdichtigkeit zwischen Kavitätenwand und Abschlußmittel am besten dargestellt werden kann, indem Farbstofflösungen in die Randspalte eingeführt werden, wo sich die Farbstoffmoleküle ablagern, bezweckten unsere ersten orientierenden Versuche an Phantomzähnen, einen hierfür geeigneten Farbstoff zu

finden. An die zu verwendenden Farbstofflösungen wurden folgende Forderungen gestellt:

1. Hauptforderungen:

a) Sie sollen zwischen Füllung und Kavitätenwand diffundieren, wenn der Rand- und Flächenschluß der Füllung unvollkommen ist.

b) Sie sollen keine schädigenden Einflüsse auf Zahnschmelz, Dentin und Füllungsmaterial ausüben.

c) Sie sollen sich beim späteren nassen Anschleifen der Versuchszähne nicht auswaschen lassen, sondern müssen an der Ablagerungsstelle deponiert bleiben.

d) Bei der mikroskopischen Untersuchung der Zahnschliffe im auffallenden Lichte müssen sie sichtbar sein.

2. Nebenforderungen:

e) Erwünscht ist ein mit dem Protoplasma der Pulpa und deren Ausläufer ins Dentin gleicher osmotischer Druck, damit ein durch den Ausgleich der Konzentrationsunterschiede bedingter Farbstofftransport in die Weichgebilde des Zahnes verhindert wird.

f) Sie sollen durch den elektrischen Gleichstrom transportiert werden.

g) Sie sollen für die photographische Aufnahme geeignet sein.

Die Diffusion eines Farbstoffes in eine Randspalte stellt einen rein physikalischen Vorgang dar und ist abhängig von dessen Konzentration im Lösungsmittel, welches den Farbstofftransport begünstigt. Je geringer die Farbstoffkonzentration im Lösungsmittel ist, um so eher diffundiert die Farbstofflösung durch enge Spalten; aus diesem Grunde verwendeten wir durchwegs stark verdünnte, wässrige Farbstofflösungen.

Im Hinblick auf die angeführten Forderungen prüften wir neben Sublimat, Eosin, Hämatoxylin, Methylenblau auch das rote Pron-tosil soluble, indem mit alten Amalgamfüllungen versehene Phantomzähne in stark verdünnte wässrige Lösungen der angeführten Farbstoffe gelegt und für 20 Tage im Thermostaten bei 37° C belassen wurden. Durch die konstante Wärmeeinwirkung auf die Versuchsobjekte konnte die in den Randspalten liegende, einer Farbstoffdiffusion Widerstand entgegensetzende Luft aus denselben weitgehend entfernt werden.

Von Zähnen, die eine derartige Behandlung erfahren hatten, verfertigten wir Sagittalschliffe von etwa 2 mm Stärke und konnten an diesen unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung und im auffallenden Lichte beobachten, daß die fein dispersen Farbstoffe nun nicht nur in eine vorhandene Randspalte eindringen, sondern einen Weg ins Zahninnere auch durch die geringsten Verletzungen der Cuticula dentis, des Schmelzes, durch das veränderte Wurzelzement und das Foramen apicis dentis fanden. Eine Fortleitung der Farbstoffe in den Dentinkanälchen erfolgte hauptsächlich durch ihre Aufnahme durch das Protoplasma der Tomesschen Fortsätze, von der stets stark angefärbten Pulpa her.

Demnach zeigte das Schliffbild des Versuchszahnes neben dem mehr oder weniger tiefen Eindringen des Farbstoffes in die Randspalte der Füllung auch Farbstoffablagerungen in den harten und weichen Anteilen des Zahnes. Damit bestand aber die Möglichkeit einer retrograden, von der Pulpa ausgehenden Anfärbung der den Füllungsrand umgebenden Spalte.

Um die für die Prüfung der Abschlußdichtigkeit unerwünschten Eintrittspforten der Farbstoffe abzudichten, erfuhren die Versuchszähne folgende Behandlung: Im Bereiche der Zahnwurzel wurden alle derselben anhaftenden Reste des Alveolarknochens und der Wurzelhaut entfernt, die Zahnoberfläche mit Ausnahme der Füllung und eines schmalen Saumes entlang der Kavitätengrenze mit Chloroform abgewaschen und mit Hilfe eines Warmluftblägers getrocknet. Anschließend überzogen wir den Zahn mit einem Mantel aus Klebewachs, und zwar derart, daß lediglich Füllung und Kavitätenrand von demselben unbedeckt blieben. Ein zweiter Überzug aus Rosawachs, hatte die Aufgabe, beim Erhärtungsprozeß des Hartwachses unter Umständen entstehende Risse zu verschließen.

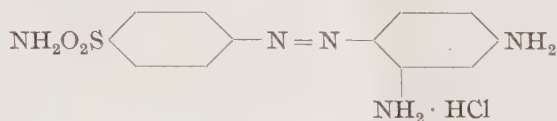
Da durch Wärmeeinwirkung die Wachshülle eine Volumenveränderung im Sinne der Expansion erfahren hätte, und die Folge davon Undichtigkeit des Wachsmantels gegenüber der diesen umgebenden Farbstofflösung gewesen wäre, wurden bei den folgenden Versuchen die Prüfungsobjekte nicht bei Thermostat-, sondern bei Zimmertemperatur der Einwirkung der Farbstofflösung ausgesetzt.

Längsschliffe derart dicht gemachter und während wenigstens 72 Stunden der Einwirkung von Farbstofflösungen ausgesetzter Zähne ließen erkennen, daß Farbstoffe nur durch die Randspalte einzu-

dringen vermochten. Um die Füllung herum war beim Vorhandensein einer *engen* Spalte das Dentin ziemlich gleichmäßig wenige Zehntelsmillimeter weit angefärbt. Bei *weiteren* Spaltdurchmessern ließen sich Farbstoffweiterleitungen in den Dentinkanälchen bis in die Pulpa hinein verfolgen, wobei die Intensität der Anfärbung an der peripheren Eintrittsstelle des Färbemittels am größten und zentralwärts geringer war. Diese Versuche zeigten, daß alle durch uns verwendeten, stark verdünnten, Farbstofflösungen in enge Randspalten einzudringen vermochten.

In der Folge wurde für die Prüfung der Abschlußdichtigkeit ausschließlich eine stark wässrige Lösung von Prontosil solubile rubrum verwendet. Wie Untersuchungen von *Schudel* (1942) ergaben, war das Prontosil solubile rubrum, das Dinatriumsalz eines Sulfamilamid-Derivates, nicht nur seiner roten Eigenfarbe wegen für unsere Versuche geeignet, sondern, indem diese Sulfamilamide bei der Dissoziation eine negativ elektrische Ladung erhalten, werden sie auch im elektrischen Gleichstrom transportiert. Diese Eigenschaft ermöglichte uns das Einbringen von Prontosil-Ionen in Randspalten mit Hilfe der Iontophorese.

Die chemische Formel des Prontosil solubile rubrum ist die folgende:



Hauptversuche

Neben verschiedenen Füllungsmaterialien, die in der konservierenden Zahnheilkunde seit langem Verwendung fanden, prüften wir auch einige neuere, für Füllungszwecke hergestellte und zum Teil im Handel erhältliche Kunstharzprodukte sowohl am Phantom und mit wenigen Ausnahmen auch am Patienten auf ihre Randdichtigkeit.

An Hand der durch die Randspalte eingedrungenen Farbstoffmengen bestand bei Anwendung gleicher Versuchsbedingungen die Vergleichsmöglichkeit bezüglich ihrer Abschlußdichtigkeit zwischen den alten in praxi bewährten Füllungsmaterialien und den neueren Kunstharzstoffen.

Folgende Füllungsmaterialien wurden Abschlußdichtigkeitsprüfungen unterzogen:

1. Zemente: De-Trey-Phosphatzement, De-Trey-Restorit-Steinzement, De-Trey-Kupferzement, De-Trey-Syntrex-Silikatzement, alle von Gebr. de Trey, Zürich.

2. Amalgame: True-Dentalloy Amalgam von S.S.White, Philadelphia, Dr. Röses Kupferamalgam von Fr. Brickmann, Bad Döberau.

3. Einlagefüllungen aus Metall: Würzburgmetall-Acolite von Ransom & Randolph Co., Toledo, Ohio, USA und Gold 22 Kt.

4. Gehämmerte Füllungen aus Metallfolie: Kohäsives Blattgold von Köl liker in Zürich; non-kohäsives Zinngold von S.S.White, Philadelphia.

5. Kunstharze: Acrylin VA 212 der Firma Hch. Metzler, St. Gallen. Acrylkunstharzinlays mit Phosphatzement von de Trey in der Zahnkavität befestigt. PK Silber der Polychemie AG., Schinznach-Bad (Aargau). PK Gold der Polychemie AG. Im Munde aushärtendes, noch nicht im Handel erhältliches Kunstharz Quickset Filcryn der Portland Plastics Ltd., London S. W. 1 and Dover.

Diese Füllungsmaterialien wurden in sorgfältig präparierte und randfinierte, meist okklusale gelegte Zahnkavitäten gefüllt, nachdem sie entsprechend den Vorschriften für den Füllungsprozeß vorbereitet worden waren. Eine abschließende Politur der Füllungsoberfläche erfolgte besonders im Hinblick auf die damit verbundene Verbesserung des Randschlusses der Füllung.

Das Kunstharz Quickset «Filcryn» wurde auf seine Abschlußdichtigkeit umständehalber nur an Phantomzähnen geprüft, ebenso ein im Munde aushärtendes, nicht im Handel erhältliches, Kunstharz, dessen Hersteller uns einige Phantomzähne mit bereits gelegten Füllungen usw. zur Begutachtung zukommen ließ. Beide Kunstharze werden in plastischem Zustande in die Zahnkavität gebracht, wo sie bei Mundtemperatur aushärten.

Von einer Beschreibung der Verarbeitungstechnik der bekannten Füllungsmaterialien darf hier Umgang genommen werden.

Über das Einsetzen von Acrylkunstharz-Inlays im Munde unter Verwendung des *flüssigen* Kunstharzes Acrylin VA 212, über das Verhalten des Patienten nach dem Einsetzen der Füllung sowie über die Politur derselben, gibt der Hersteller folgende Anweisungen:

«Die gut präparierte Kavität wird mit einem Radbohrer etwas unterschritten und das roh bearbeitete Acryl-Kunststoffinlay ein-

gepaßt. Die Kavität wird mit Chloroform gereinigt und mit dem Warmluftbläser getrocknet. Dann füllt man mit Acrylin VA 212 mit Überschuß und setzt das Inlay ein und läßt den Überschuß etwas antrocknen. Dies kann mit dem Warmluftbläser beschleunigt werden. Man entläßt den Patienten mit der Weisung, während 8 Stunden die Stelle nicht mit der Zahnbürste zu bearbeiten. Nach 7 bis 8 Stunden ist der Überschuß von Acrylin VA 212 hart und kann das Inlay nun fertig bearbeitet und poliert werden. Die auf einen Filzhegel aufgetragene Poliermasse von de Trey für Kunststoffe leistet hier gute Dienste.»

Im weiteren sei die Verarbeitungstechnik von den der Reihe der Phenoplaste zugehörigen Polykondensit-Edelkunstharzen, PK Silber und PK Gold angeführt:

«Die Verarbeitungsvorschriften für PK sind ähnlich wie für die Silikatzemente. Man verwendet eine 5 mm dicke Glasplatte etwa 7 cm auf 12 cm nebst dem üblichen Achatspatel. Eine Spiritusflamme wird daneben gestellt.

1. PK Gold

Etwas Masse (maximal 1 g) wird auf die linke Hälfte der Glasplatte gestrichen. Von dem beigegebenen Schwammgold werden 50 bis 70 mg in fein zerzupfem Zustande mit dem Achatspatel in die Paste eingerieben, bis PK und Gold eine gleichmäßige, bräunliche, plastische Mischung bilden. Die Platte wird nun einige Sekunden über der bereitstehenden Spiritusflamme erwärmt, wodurch die Abbindung eingeleitet wird. Ein Tropfen eines dem Produkte beigegebenen Katalysators wird sodann auf die Mischung geträufelt und dieser mit dem Spatel durch flache und kreisende Bewegungen vollständig und gleichmäßig einverleibt. Es tritt eine leichte Graufärbung ein. Mit einem dünnen Metallspatel wird die plastische Masse in die gut präparierte und absolut trockene Kavität eingeführt und mit den üblichen, vaselinierten Stopfern kondensiert. Zum Kondensieren und Anrotieren der Ränder eignen sich besonders kleine Glasstäbchen mit knopfförmigem Ende. Da Wärme Härtung und Kondensation der Füllung beschleunigt, wird der Glasstab immer wieder über der Flamme erhitzt und über die Füllung rotiert. Auch mit Warmluft kann der Härtungsprozeß sehr beschleunigt werden. Härtezeit etwa 15 Minuten».

2. PK Silber

Die Technik ist dieselbe wie bei PK Gold. An Stelle des Schwammgoldes tritt ein ganz feines Silberpulver. Die Mischung härtet langsamer.

Wir prüften die Füllungsmaterialien auf ihre Randdurchlässigkeit nach folgenden drei Methoden, welche die Einbringung einer Prontosillösung in eine Randspalte erlaubten:

1. Durch Kapillarattraktion von seiten der Randspalte auf die Farbstofflösung;
2. durch Herstellen eines partiell luftleeren Raumes über dem Versuchsobjekte;
3. durch den Transport der negativ geladenen Prontosilionen bei der Iontophorese.

ad 1. Die Kronenpartie eines auf bereits beschriebene Weise durch einen Wachsmantel abgedichteten Versuchszahnes wurde mit einem Wachstrichter für die Aufnahme der Farbstofflösung umgeben. Die Einwirkungsdauer der Prontosillösung auf die Füllung und deren Randpartien betrug 4 Tage. Der Eintritt einer Farbstofflösung durch eine enge Randspalte wurde einesteils durch ihre Schwere, andernteils durch die Kapillarattraktion ermöglicht. Die verwendeten Farbstofflösungen sind nämlich benetzende Flüssigkeiten, die in einer Kapillare eine Elevation erfahren, welche durch die den Farbstofflösungen eigene Oberflächenspannung und den hierdurch bestimmten Normaldruck veranlaßt wird. Die in den Randspalten vorhandene Luft setzte dem Eindringen der Farbstofflösung einen Widerstand entgegen: beim Vorhandensein enger Spalten wurden nur deren obere Abschnitte angefärbt.

ad 2. Der Versuchszahn wurde mit Hilfe eines für seine Aufnahme durchlöchernten Kartons derart eingewachst und über einer die Farbstofflösung enthaltende Petrischale gehalten, daß nur Füllung und Kavitätenrand der färbenden Flüssigkeit zugänglich waren. Die auf der Gegenseite der wachsgetränkten Haltescheibe vorragende Wurzelpartie des Versuchszahnes blieb vom Wachse unbedeckt. Über dem Versuchsobjekte wurde schließlich mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe ein partiell luftleerer Raum hergestellt, der die Diffusion der Prontosillösung in die nun ebenfalls durch herabgesetzten Luftdruck ausgezeichnete Randspalte erleichtern mußte. Die Versuchs-

zähne wurden während 48 Stunden im luftverdünnten Raume gelassen. Beim Vorhandensein einer Randspalte ließen sich an den angefertigten Längsschliffen Ablagerungen von Farbstoffpartikeln sowohl derselben entlang bis zum Füllungsgrunde und gelegentlich darüber hinaus, im Dentin nachweisen.

ad 3. Die Krone des Versuchszahnes wurde außer Füllung und der Kavitätenrandpartie farbstoffdicht durch Wachs abgedeckt und mit einem Wachstrichter zur Aufnahme der Prontosillösung umgeben. Zahnhals und die Wurzel wurden vom Wachs unbedeckt gelassen und in eine physiologische Kochsalzlösung enthaltendes Glasgefäß gestellt.

Wie *Schudel* (1942) ausführte, müssen an ein Mittel, das zur Iontophorese verwendet werden soll, verschiedene Anforderungen gestellt werden, ohne die es im vorherein als unbrauchbar zu bezeichnen wäre. Die Möglichkeit der Ionenwanderung im elektrischen Gleichstrom ist eine Bedingung, welche an das (Färbe-) Mittel gestellt werden muß.

Unsere iontophoretischen Versuche wurden mit dem Ionophoratorapparat mit Netzanschluß, wie er an der Konservierenden Abteilung des Zahnärztlichen Institutes der Universität Zürich Verwendung findet, durchgeführt. In dem eine Prontosillösung enthaltenden Wachstrichter wurde die Kathode des Apparates, in die die Zahnwurzel umgebende, physiologische Kochsalzlösung die Anode desselben gegeben. Bei der Iontophorese fand nun eine elektrolytische Dissoziation des Prontosils in Kathionen (–) und Anionen (+) statt. Das negativ geladene Ion des Prontosil soluble rubrum mußte damit von der koronar gelegten Kathode zur apikal gelegten Anode transportiert werden. Der Weg des geringsten elektrischen Widerstandes führt dabei über die Randspalte der Füllung durch die Dentinkanälchen in die Zahnpulpa und von dort zum Apex des Zahnes (*Castagnola* 1946).

Beim Erscheinen des roten Farbstoffes an der Wurzelspitze wurde die Iontophorese abgebrochen. Dies trat beim Vorhandensein einer Spalte durchschnittlich nach der Einwirkung eines Gleichstromes von 2 Milliampère während 5 Stunden ein.

An den sagittal geführten Zahnschliffen konnten dann Farbstoffablagerungen in den oben angeführten Zahnbezirken festgestellt werden.

Tabellarische Übersicht der Abschlußdichtigkeits-Prüfungsergebnisse
Legende:

- Phant.: Füllung am Phantomzahn hergestellt
 Pat.: Füllung am Patienten hergestellt
 K: Einbringen des Farbstoffes in die Randspalte durch Kapillarattraktion
 Udr: Einbringen des Farbstoffes in die Randspalte durch Unterdruck
 I: Einbringen des Farbstoffes in die Randspalte durch Iontophorese
 E: Eosinlösung
 S: Sublimatlösung
 H: Hämatoxylinlösung
 M: Methylenblaulösung
 P: Prontosillösung
 -: Randdichte Füllung
 +: Farbstoff ist vollständig in die Randspalte eingedrungen
 wenig +: Farbstoff ist nur oberflächlich in die Randspalte eingedrungen
 Spuren: Nur geringste, bei stärkerer Vergrößerung sichtbare Farbstoffablagerungen in der Randspalte

Füllungsmaterial	Nr.	Prot.-Nr.	Füllung hergestellt am	Prüf.-meth.	Farbstoff-Lös.	Befund	Bild Nr.
<i>1. Zemente</i>							
Phosphatzement	1	38	Phant.	Udr	E	-	
	2	77	Phant.	Udr	P	+	
	3	223	Pat.	Udr	P	+	
	4	225	Pat.	Udr	P	+	4
	5	62	Phant.	I	P	+	1
	6	113	Phant.	I	P	+	2
	7	56	Pat.	I	P	+	
	8	202	Pat.	I	P	+	3
Restorit-Steinzement	9	44	Phant.	Udr	E		
	10	203	Pat.	Udr	P	wenig +	
	11	205	Pat.	Udr	P	+	7
	12	67	Phant.	I	P	+	5
	13	201	Pat.	I	P	+	6
Kupferzement	14	41	Phant.	Udr	E	-	
	15	246	Pat.	Udr	P	Spuren	
	16	70	Phant.	I	P	+	9
	17	239	Pat.	I	P	+	8
	18	243	Pat.	I	P	+	

Füllungsmaterial	Nr.	Prot.- Nr.	Füllung hergestellt am	Prüf- meth.	Farb- stoff- Lös.	Befund	Bild Nr.
Kupferamalgame	58	49	Pat.	Udr	E	—	
	59	206	Pat.	Udr	P	Spuren	
	60	109	Phant.	I	P	wenig +	16
	61	110	Phant.	I	P	wenig +	17
	62	111	Phant.	I	P	wenig +	18
<i>3. Metalleinlagefüllungen</i>							
Würzburgermetallinlay	63	13	Phant.	K	E	+	
	64	14	Phant.	K	E	+	
	65	12	Phant.	Udr	E	—	
	66	71	Phant.	Udr	P	+	19
	67	216	Pat.	Udr	P	+	21
	68	242	Pat.	Udr	P	Spuren	
	69	61	Phant.	I	P	+	
	70	220	Pat.	I	P	Spuren	
	71	222	Pat.	I	P	+	20
Goldinlay	72	26	Phant.	K	E	wenig +	
	73	27	Phant.	K	E	wenig +	
	74	25	Phant.	Udr	E	wenig +	
	75	75	Phant.	Udr	P	+	22
	76	207	Pat.	Udr	P	+	24
	77	217	Pat.	Udr	P	Spuren	
	78	60	Phant.	I	P	—	
	79	84	Pat.	I	P	+	
	80	209	Pat.	I	P	+	23
	81	218	Pat.	I	P	Spuren	
<i>4. Gehämmerte Füllungen</i>							
<i>aus Metallfolie</i>							
kohäsives Blattgold	82	29	Phant.	K	E	+	25
	83	28	Phant.	Udr	E	—	
	84	74	Phant.	Udr	P	Spuren	
	85	86	Phant.	I	P	+	
	86	66	Phant.	I	P	Spuren	
	87	85	Phant.	I	P	+	
	88	58	Pat.	I	P	+	26
	89	240	Pat.	I	P	+	27
	90	244	Pat.	I	P	Spuren	

Füllungsmaterial	Nr.	Prot.-Nr.	Füllung hergestellt am	Prüf.-meth.	Farbstoff-Lös.	Befund	Bild Nr.
non-kohäsives Zinngold	91	30	Phant.	Udr	E	wenig +	
	92	78	Phant.	Udr	P	-	
	93	83	Phant.	Udr	P	-	
	94	241	Pat.	Udr	P	-	
	95	69	Phant.	I	P	wenig +	
	96	80	Phant.	I	P	wenig +	
	97	81	Phant.	I	P	Spuren	
	98	245	Pat.	I	P	Spuren	
<i>5. Kunstharze</i>							
Acryl-Kunstharzinlay mit Acrylin VA 212 in der Kavität befestigt	99	22	Phant.	K	E	+	
	100	23	Phant.	K	E	+	
	101	21	Phant.	Udr	E	+	
	102	73	Phant.	Udr	P	+	28
	103	221	Pat.	Udr	P	wenig +	
	104	226	Pat.	Udr	P	+	30
	105	65	Phant.	I	P	wenig +	
	106	231	Pat.	I	P	+	
Acryl-Kunstharzinlay mit Phosphatzement in der Kavität befestigt	107	232	Pat.	I	P	+	29
	108	16	Phant.	K	E	+	
	109	17	Phant.	K	E	+	
	110	19	Phant.	K	E	+	
	111	20	Phant.	K	E	+	
	112	15	Phant.	Udr	E	+	
	113	72	Phant.	Udr	P	+	31
	114	224	Pat.	Udr	P	wenig +	
PK Silber	115	236	Pat.	Udr	P	+	33
	116	64	Phant.	I	P	+	
	117	235	Pat.	I	P	+	32
	118	247	Pat.	I	P	+	
	119	91	Phant.	K	P	+	36
	120	87	Phant.	Udr	P	+	34
	121	89	Phant.	Udr	P	+	35
	122	102	Phant.	Udr	P	wenig +	
	123	103	Phant.	Udr	P	+	
	124	252	Pat.	Udr	P	Spuren	
	125	90	Phant.	I	P	+	
	126	251	Pat.	I	P	+	
	127	257	Pat.	I	P	+	37
	128	233	Pat.	I	P	+	

Füllungsmaterial	Nr.	Prot.- Nr.	Füllung hergestellt am	Prüf.- meth.	Farb- stoff- Lös.	Befund	Bild Nr.
PK Gold	129	95	Phant.	K	P	+	38
	130	92	Phant.	Udr	P	+	
	131	93	Phant.	Udr	P	+	
	132	94	Phant.	Udr	P	+	
	133	96	Phant.	Udr	P	wenig +	
	134	97	Phant.	Udr	P	wenig +	
	135	98	Phant.	Udr	P	wenig +	40
	136	99	Phant.	Udr	P	wenig +	
	137	256	Pat.	Udr	P	+	
	138	100	Phant.	I	P	+	39
	139	101	Phant.	I	P	+	
	140	237	Pat.	I	P	+	
Im Munde aushärtendes, nicht im Handel erhält- liches Kunstharz	141	104	Phant.	K	P	+	41
	142	105	Phant.	Udr	P	+	42
	143	107	Phant.	Udr	P	+	43
	144	108	Phant.	Udr	P	+	
	145	106	Phant.	I	P	+	
Quickset Filcryn	146	114	Phant.	K	P	+	44
	147	118	Phant.	K	P	+	48
	148	115	Phant.	Udr	P	+	45
	149	116	Phant.	I	P	+	46
	150	117	Phant.	I	P	+	47

Resultate (Zusammenfassung)

Füllungsmaterial	Zahl der unter- such- ten Fälle	davon sind		Befunde				Bemerkungen
		Phantom- Versuche	Versuche am Pat.	-	+	wenig +	Spuren	
<i>1. Zemente</i>								
Phosphatzement	8	4	4	1	7	0	0	Farbstoff drang auch ins Innere des Füll- materials ein
Restorit-Steinzement	5	2	3	0	4	1	0	
Kupferzement	5	2	3	1	3	0	1	
Silikatzement	14	11	3	0	12	1	1	
<i>2. Amalgame</i>								Oberflächliche An- färbung des Füll- materials
Silberamalgame	25	8	17	4	13	8	0	
Kupferamalgame	5	3	2	1	0	3	1	
<i>3. Metalleinlagefüllungen</i>								
Würzburgmetallinlay	9	5	4	1	6	0	2	
Goldinlay	10	5	5	1	4	3	2	
<i>4. Gehämmerte Füllungen aus Metallfolie</i>								
Kohäsives Blattgold .	9	6	3	1	5	0	3	
Non-kohäsives Zinn- gold	8	6	2	3	0	3	2	
<i>5. Kunstharze</i>								
Acryl-Kunstharz- inlay mit Acrylin VA 212 befestigt	9	5	4	0	7	2	0	Farbstoff drang mehr oder weniger tief in die porösen Kunstharzstoffe ein und verfärbte diese
Acryl-Kunstharz- inlay mit Phosphat- zement befestigt	11	7	4	0	10	1	0	
PK Silber	10	6	4	0	8	1	1	
PK Gold	12	10	2	0	8	4	0	
Im Munde aushärten- des, nicht im Handel erhältl. Kunstharz ..	5	5	0	0	5	0	0	
Quickset Filcyl	5	5	0	0	5	0	0	
Total	150	90	60					

Einige Ergebnisse unserer Abschlußdichtigkeitsprüfungen sind auf nachstehen- den Bildern zu sehen. Zur besseren Anschaulichkeit wurden die Farbstoffablagerun- gen mit roter Deckfarbe auf den Photographien nachgezeichnet.

B. Histologische Untersuchungen

Um über das Verhalten der lebenden Zahnpulpa gegenüber einigen Kunstharzen, welche für Füllungszwecke Verwendung finden und einesteils in flüssigem, andernteils in plastischem Zustande in die Zahnkavität gebracht werden und dort bei Mundtemperatur aushärten, Aufschluß zu erhalten, unterzogen wir Pulpen von mit derartigen Füllungen versehenen Zähnen einer bezüglichen histologischen Untersuchung.

Für die Versuche fanden 11 kariesfreie oder wenig kariöse Sechsjahrmolaren Verwendung, die nach dem Exkavieren noch eine dicke Schicht gesunden Dentins über der Pulpa aufwiesen. Die klinische Anfangsdiagnose blieb in allen Fällen ohne Befund.

Wir untersuchten folgende Kunstharze auf ihr Verhalten gegenüber der lebenden Pulpa:

1. *An 4 Fällen das Acrylin VA 212*, welches in flüssigem Zustande in eine für die Aufnahme eines Acryl-Kunstharzinlays vorbereitete Kavität gebracht wird und beim Erhärten die Aufgabe hat, die Verbindung desselben mit der Kavitätenwand herzustellen.

2. *An 3 Fällen das PK Silber.*

3. *An 2 Fällen das PK Gold.* Edelkunstharze, welche der Reihe der Phenoplaste zugehören und als plastische Massen in die Zahnhöhle gebracht, ebenfalls bei Mundtemperatur hart werden. Dabei soll das Kondensat Phenol-Formaldehyd derart gebündigt sein, daß sich eine Abgabe, einschließlich Säure, kaum mehr feststellen lasse (Schwarz 1947).

4. In 2 weiteren Fällen wurden die Pulpen, vor Einbringen der Kunstharzstoffe (Acrylin VA 212 und PK Silber) in die Zahnkavität, durch eine Phosphatzementunterfüllung vor einer Einwirkung dieser Stoffe mehr oder weniger gut geschützt.

Die Liegedauer der Füllungen betrug 3 bis 5½ Monate. Die aus orthodontischen Gründen indizierte Entfernung aller dieser Sechsjahrmolaren erfolgte unter Leitungsanästhesie. Die klinische Schlußdiagnose blieb in allen Fällen ohne Befund.

Unmittelbar nach der Extraktion wurden die Füllungen und die Zementunterlagen unter tunlichster Vermeidung jeder Wärmeent-

Tabellarische Übersicht der histologischen Untersuchungsergebnisse

Protokoll-Nr.	Füllungs- material	Alter	Zahn	Beobachtungs- zeit Monate	Klin. Befund bei d. Schlußdiag.	Histologischer Befund	Mikrophoto-Nr.
230	Acrylin VA 212 + Acryl-Kunst- harzinlay	12	+6	4 ½	O.B.	Im Bereiche der Applikationsstelle im Dentin an der Pulpaoberfläche, Odontoblasten atrophisch. Bindegewebe unter Odontoblastenschicht stark verdichtet, Infiltration des Pulpagewebes mit Leukozyten und Exsudatbildung. Leichte Reizdentinbild. a. d. Pulpakammerdecke.	
229	Acrylin VA 212 + Acryl-Kunst- harzinlay	12	6+	4 ½	O.B.	Unterhalb der Applikationsstelle Odontoblastenschicht pyknotisch, darunter bindegewebige Verdichtung des Pulpagewebes, Austritt von Leukozyten aus den Blutgefäßen, Gefäße erweitert, leichte Reizdentinbildung an der Pulpakammerdecke.	1
219	Acrylin VA 212 + Acryl-Kunst- harzinlay	11	-6	5 ½	O.B.	An der der Kavitätenbasis zunächst gelegenen Oberfläche im Pulpahorn und auf der Pulpaoberfläche, die der Applikationsstelle gegenüberliegt, sind die Odontoblastenzellen entweder vollständig verschwunden oder stark pyknotisch verändert. Das ganze Pulpagewebe ist stark entzündet, zum Teil ist eine Abszeßbildung vorhanden, die Gefäße stark erweitert, zum Teil mit Thromben gefüllt.	
228	Acrylin VA 212 + Acryl-Kunst- harzinlay	11	6+	3 ½	O.B.	Reizdentinbildung an der Pulpakammerdecke, unregelmäßig verkalkt. Odontoblasten stark vakuolig verändert. Bindegewebe verdichtet, an einzelnen Stellen Leukozytenaustritte aus den Gefäßen. Gefäße erweitert, sonst keine Veränderungen.	2

Protokoll-Nr.	Füllungs- material	Alter	Zahn	Beobach- tungs- zeit Monate	Klin. Befund bei d. Schlußdiagn.	Histologischer Befund	Mikrophoto-Nr.
234	Acrylin VA 212 + Acryl-Kunst- harzinlay + Zement- unterfüllung	10 ½	+6	4	O.B.	Unterhalb der Applikationsstelle ist eine pyknotische Veränderung der Odontoblastenzellen sichtbar, hingegen fehlen Entzündungser-scheinungen in der Pulpa. Eine leichte Erweiterung der Gefäße in der ganzen Pulpa bestehend.	3
248	PK Silber	11	-6	3	O.B.	Unter der Applikationsstelle sind die Odontoblastenzellen vakuolig verändert und teilweise verschwun-den, Bindegewebe ist vermehrt, Gefäße sind erweitert, sonst Pulpa unverändert.	
249	PK Silber	11	+6	3	O.B.	An der Applikationsstelle ausge-sprochen starke Vakuolisierung der Odontoblasten, daneben Erweite-rung der Blutgefäße. An vereinzel-ten Stellen leichte Leukozytenaus-tritte, Bindegewebe unterhalb der Odontoblastenschicht stark ver-dichtet.	4
250	PK Silber	11	+6	3	O.B.	Ausgesprochene Atrophie der Odon-toblastenzellschicht gegenüber der Applikationsstelle. Bindegewebige Verdichtung unterhalb der Odon-toblastenschicht und vereinzelte Leukozytenaustritte aus den Ge-fäßen, Gefäße erweitert, Pulpa im ganzen etwas atrophisch.	5
258	PK Gold	10 ½	-6	3	O.B.	Unterhalb der Applikationsstelle sind die Odontoblastenzellen zum Teil verschwunden, zum Teil stark pyknotisch verändert. Bindege-webe stark verdichtet, Gefäße et-was erweitert, Austritt von Leuko-zyten aus den Gefäßen an verschie-denen Stellen sichtbar.	

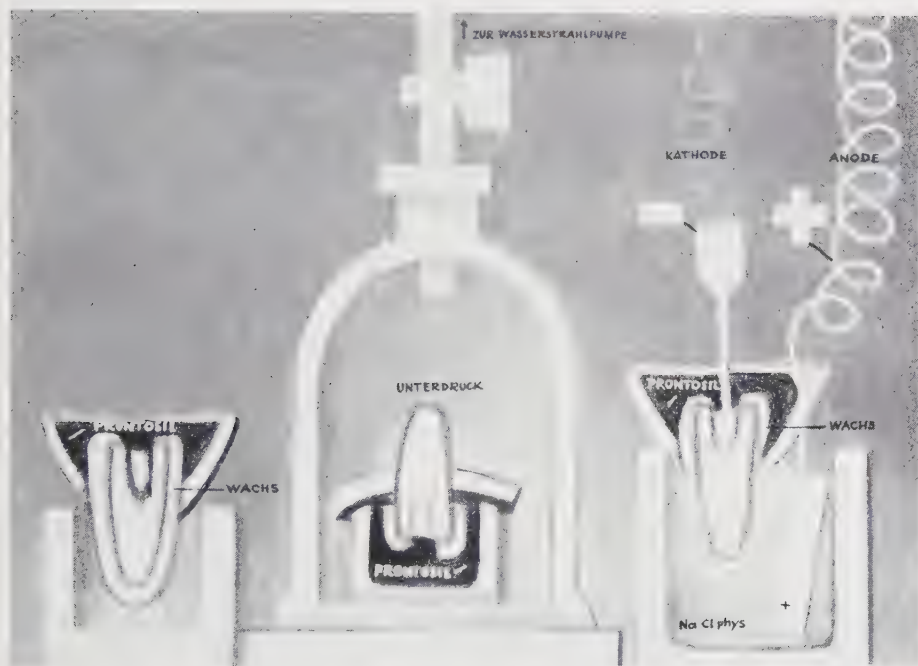
Protokoll-Nr.	Füllungs- material	Alter	Zahn	Beobach- tungs- zeit Monate	Klin. Befund bei d. Schlußdiag.	Histologischer Befund	Mikrophoto-Nr.
254	PK Gold	11	-6	3	O.B.	Vakuolenbildung in der Odontoblastenschicht. Bindegewebe verdichtet, vereinzelte Leukozyten. Gefäße etwas erweitert, sonst keine Veränderungen.	3
253	PK Gold + Zement- unterfüllung	10	+6	3	O.B.	Odontoblastenschicht unter der Applikationsstelle zum Teil vakuolig verändert, Bindegewebe darunter etwas verdichtet, Gefäße leicht erweitert, keine Entzündung.	6

wicklung aus der Kavität entfernt, die Wurzeln mit Hilfe eines Fissurenbohrers zur Hälfte abgeschnitten und der Stumpf mit mehreren, bis ins Wurzeldentin reichenden Rillen versehen. Diese Rillen dienten, wie auch die Entfernung der Füllung, dem besseren Eindringen des 10%igen Formalins als Fixationsmittel. Hierauf wurden die Zähne entkalkt, eingebettet und Gefrierschnitte hergestellt. Gefärbt wurden diese mit Hämatoxylin-Eosin.

*

Aus den Abbildungen 1 bis 6 sind die histologischen Veränderungen des Pulpagewebes ersichtlich, welche dasselbe beim Füllen der Zähne mit Acrylin VA 212, PK Silber und PK Gold erleidet.

Abschlußdichtigkeitsprüfungen
Schematische Darstellung der Versuchsanordnungen



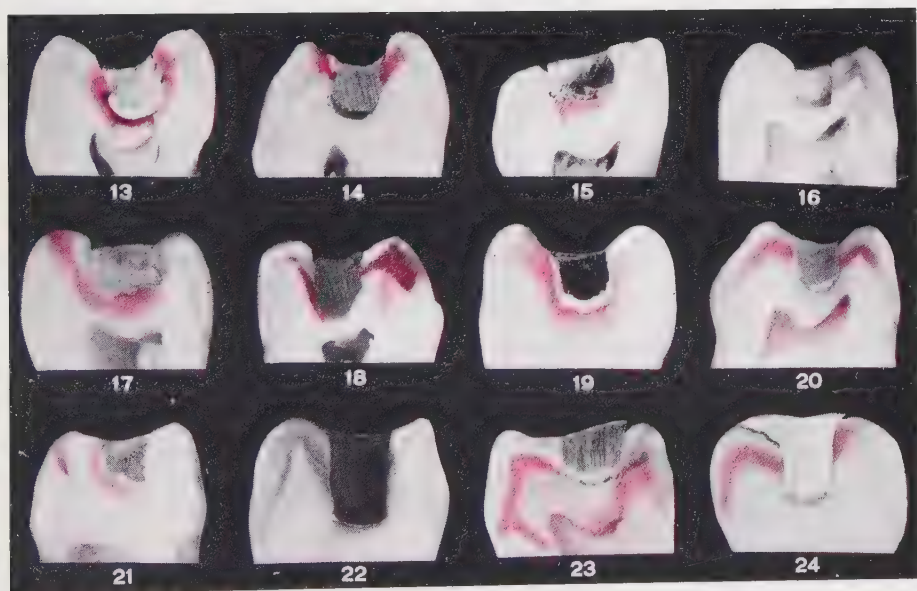
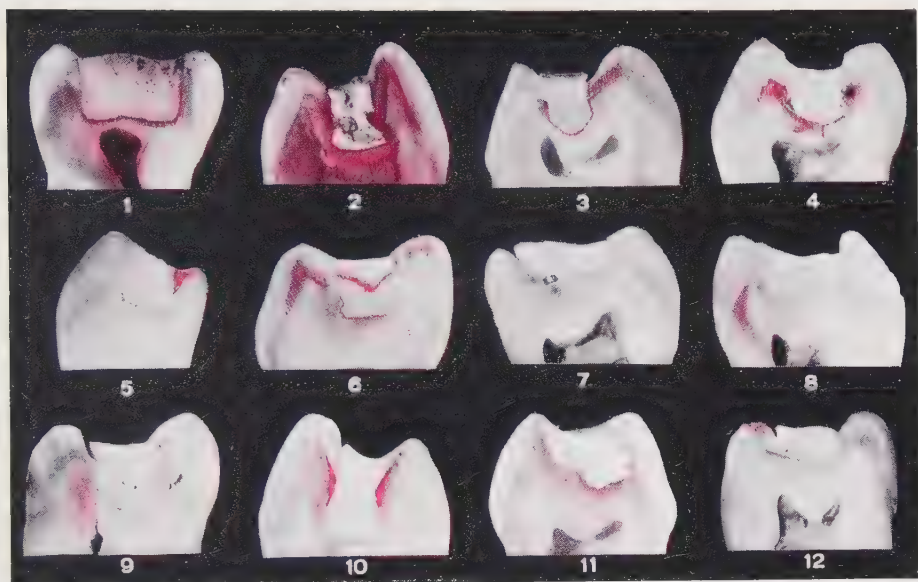
Eindringen des Farbstoffes in eine Randspalte

- a) durch Kapillarattraktion
- b) mit Hilfe eines durch eine Wasserstrahlpumpe hergestellten partiell luftleeren Raumes
- c) mit Hilfe der Iontophorese

Text zu Tafel I

Füllungsmaterial	Bild Nr.	Füllung gelegt am	Prüfungs- methode	Farbstoff
<i>Zementgruppe</i>				
Phosphatzement	1	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	2	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	3	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	4	Patienten	Unterdruck	Prontosil
Restorit - Steinzement	5	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	6	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	7	Patienten	Unterdruck	Prontosil
Kupferzement	8	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	9	Phantom	Iontophorese	Prontosil
Silikatzement	10	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	11	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	12	Patienten	Unterdruck	Prontosil
<i>Amalgamgruppe</i>				
Silberamalgam	13	Patienten	Unterdruck	Eosin
	14	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	15	Patienten	Unterdruck	Prontosil
Kupferamalgam	16	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	17	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	18	Phantom	Iontophorese	Prontosil
<i>Metalleinlagefüllungen</i>				
Würzburginlay	19	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	20	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	21	Patienten	Unterdruck	Prontosil
Goldinlay	22	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	23	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	24	Patienten	Unterdruck	Prontosil

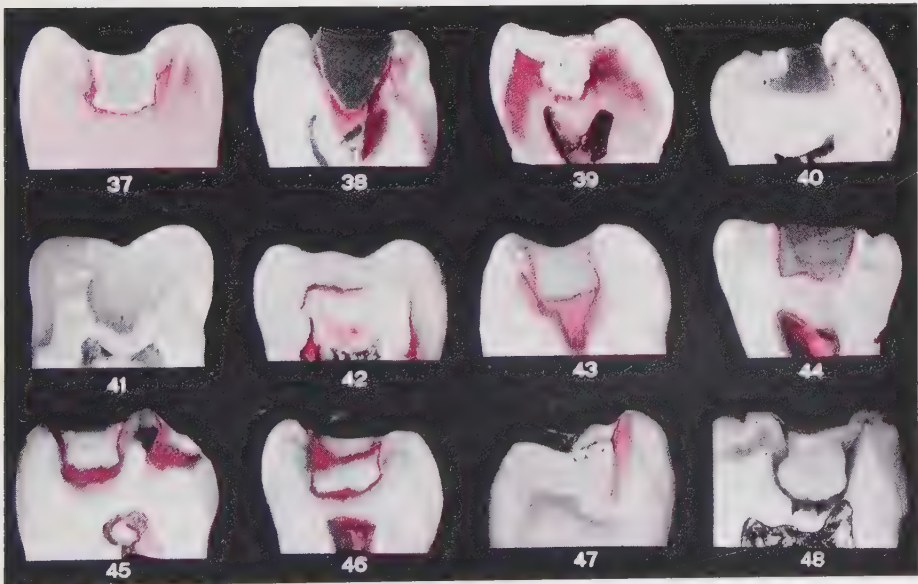
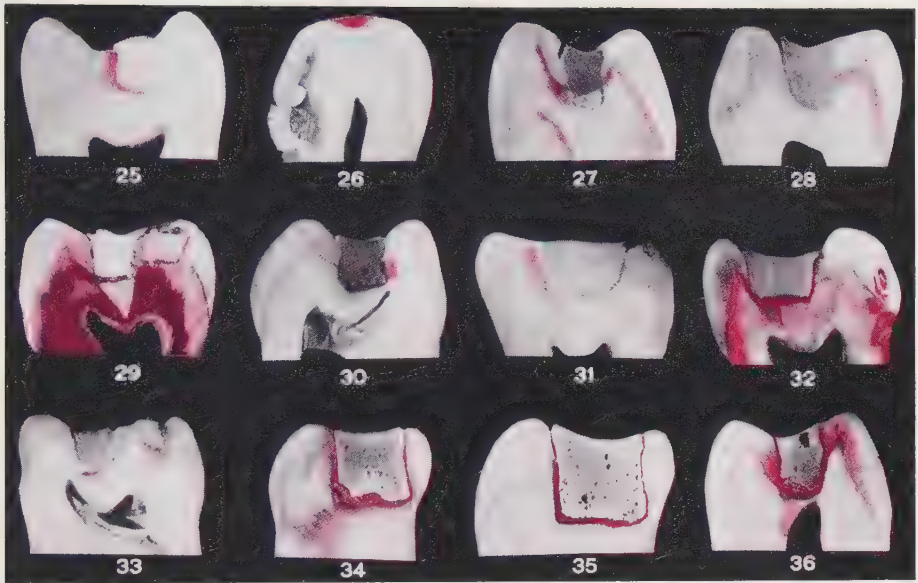
Tafel I



Text zu Tafel II

Füllungsmaterial	Bild Nr.	Füllung gelegt am	Prüfungs- methode	Farbstoff
<i>Stopfgoldgruppe</i>	25	Phantom	Kapillar- attraktion	Eosin
	26	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	27	Patienten	Iontophorese	Prontosil
<i>Kunstharzgruppe</i>				
Acryl-Kunstharzinlay mit Acrylin VA 212 in der Kavität befestigt	28	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	29	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	30	Patienten	Unterdruck	Prontosil
Acryl-Kunstharzinlay mit Zement in der Ka- vität befestigt	31	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	32	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	33	Patienten	Unterdruck	Prontosil
PK Silber	34	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	35	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	36	Phantom	Kapillar- attraktion	Prontosil
PK Gold	37	Patienten	Iontophorese	Prontosil
	38	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	39	Patienten	Iontophorese	Prontosil
Im Mund aushärten- des, nicht im Handel erhältliches Kunst- harz	40	Patienten	Unterdruck	Prontosil
	41	Phantom	Kapillar- attraktion	Prontosil
	42	Phantom	Unterdruck	Prontosil
Quickset «Filcyl»	43	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	44	Phantom	Kapillar- attraktion	Prontosil
	45	Phantom	Unterdruck	Prontosil
	46	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	47	Phantom	Iontophorese	Prontosil
	48	Phantom	Kapillar- attraktion	Prontosil

Tafel II



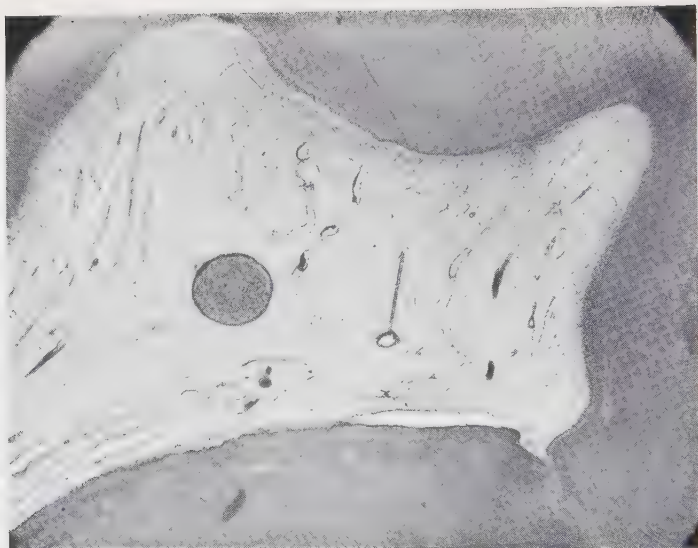


Abb. 1

Protokoll Nr. 229 6+ Acrylin VA 212 und Acryl-Kunsthazrinlay
Unterhalb der Applikationsstelle Odontoblastenschicht pyknotisch, darunter bindegewebige Verdichtung des Pulpagewebes, Austritt von Leukozyten aus den Blutgefäßen, Gefäße erweitert, leichte Reizdentinbildung an der Pulpakammerdecke

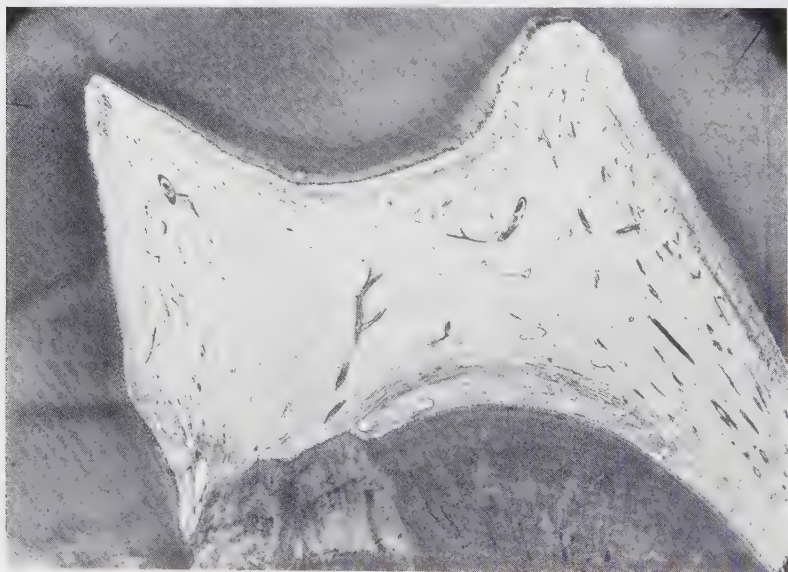


Abb. 2

Protokoll Nr. 228 6+ Acrylin VA 212 und Acryl-Kunsthazrinlay
Reizdentinbildung an der Pulpakammerdecke, unregelmäßig verkalkt. Odontoblasten stark vakuolig verändert. Bindegewebe verdichtet, an einzelnen Stellen Leukozytenaustritte aus den Gefäßen. Gefäße erweitert, sonst keine Veränderungen



Abb. 3

Protokoll Nr. 234 +6 Acrylin VA 212 und Acryl-Kunsthharzinlay und Zementunterfüllung

Unterhalb der Applikationsstelle ist eine pyknotische Veränderung der Odontoblastenzellen sichtbar, hingegen fehlen Entzündungserscheinungen in der Pulpa.

Eine leichte Erweiterung der Gefäße in der ganzen Pulpa bestehend

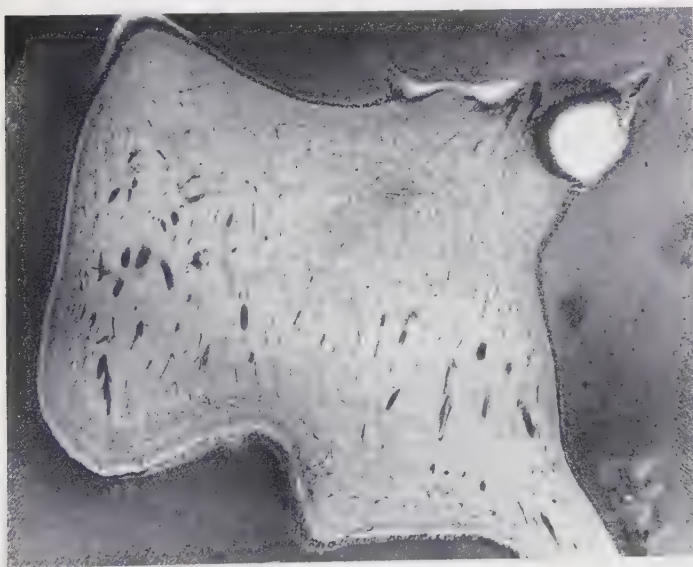


Abb. 4

Protokoll Nr. 249 +6 PK Silber

An der Applikationsstelle ausgesprochen starke Vakuolisierung der Odontoblasten, daneben Erweiterung der Blutgefäße. An vereinzelt Stellen leichte Leukozytenaustritte, Bindegewebe unterhalb der Odontoblastenschicht stark verdichtet

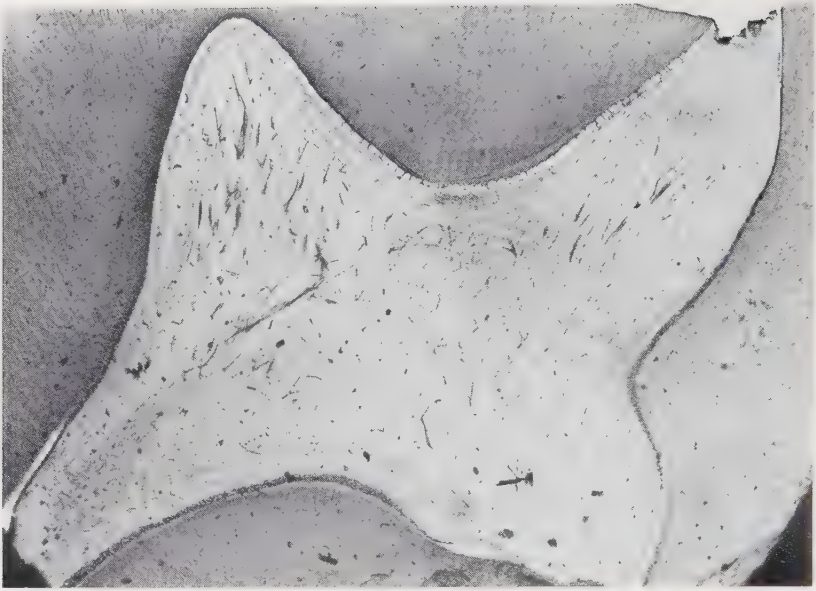


Abb. 5

Protokoll Nr. 250 +6 PK Silber

Ausgesprochene Atrophie der Odontoblastenzellschicht gegenüber der Applikationsstelle. Bindegewebige Verdichtung unterhalb der Odontoblastenschicht und vereinzelte Leukozytenaustritte aus den Gefäßen. Gefäße erweitert, Pulpa im ganzen etwas atrophisch



Abb. 6

Protokoll Nr. 253 +6 PK Gold und Zementunterfüllung

Odontoblastenschicht unter der Applikationsstelle zum Teil vakuolig verändert, Bindegewebe darunter etwas verdichtet, Gefäße leicht erweitert, keine Entzündung

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Abschlußdichtigkeit der heute in der konservierenden Zahnheilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien sowie die Einwirkung der neuerdings für Füllungszwecke vorgeschlagenen Kunstharze, welche im Munde selbständig erhärten, in ihrer Einwirkung auf die lebende Pulpa untersucht.

Zur Prüfung der Abschlußdichtigkeit kamen die Kapillaritätsattraktion der Farbstofflösungen in 28 Fällen, die Unterdruckmethode in 61 Fällen und der Transport der Farbstofflösung durch die Iontophorese in 61 Fällen zur Verwendung.

Zur Untersuchung der Abschlußdichtigkeit kamen 150 Zähne, von welchen 90 Phantomzähne und 60 Zähne im Munde des Patienten Füllungen verschiedener Art erhielten, wobei für eine richtige Kavitätenpräparation und Fülltechnik bei den verschiedenen Füllungsmaterialien besondere Sorgfalt angewendet wurde.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle (114) wurde der Farbstoff *Prontosil solubile rubrum*, daneben *Eosin*, *Methylenblau*, *Hämatoxylin* und *Sublimat* verwendet.

Die Resultate der Abschlußdichtigkeitsprüfung für die verschiedenen Füllungsmaterialien, wie sie in den Übersichtstabellen Seiten 25–30 zusammengefaßt dargestellt sind, zeigen, daß alle bisher verwendeten Füllungsmaterialien in verschiedenem Grade zwischen Kavitätenwand und Füllungsmaterial Farbstoffe verschiedener Art hindurchlassen, sowohl bei Kapillarattraktion, bei Anwendung von Unterdruck und bei Transport der Farbstofflösung durch die Iontophorese. Es kann deshalb für die verschiedenen Füllungsmaterialien, selbst bei richtiger Kavitätenpräparation und Fülltechnik von einem hermetischen Abschluß nicht immer gesprochen werden. Die Zahl geeigneter, durch Laboratoriumsprüfungen als zweckmäßig befundener Füllungsmaterialien, eine exakte Kavitätenpräparation und Fülltechnik und die nachfolgende klinische Prüfung der Materialien im Munde dürfte die Resultate noch verbessern lassen.

Die Zähne mit Kunstharzfüllungen, welche die ungünstigsten Resultate in bezug auf die Abschlußdichtigkeit aufweisen, wurden zwecks einer Prüfung der Einwirkung dieser Füllungsmaterialien auf die lebende Pulpa nach einer Liegedauer der Füllungen von 4 bis 5 Monaten histologisch untersucht.

Die Veränderungen im Pulpagewebe zeigten vor allem eine Schädigung der Odontoblastenzellen, im Sinne einer Vakuolenbildung oder vollständigen Verschwindens derselben im Bereiche der Kavitätenausdehnung, in einigen Fällen Infiltration des Pulpagewebes an vereinzelt Stellen mit Leukozytenzellen, oder Abszeßbildung, so daß vorläufig entweder bei diesen Füllungsmaterialien besondere Schutzmaßnahmen für die Pulpa als indiziert betrachtet werden müssen, oder deren Verwendung als kontraindiziert betrachtet werden muß, bis bessere abschlußdichte Kunstharzfüllungen zur Verfügung stehen.

Literatur

(chronologisch geordnet)

1884–1899

- Elliot*: Vergleichende Experimente mit Amalgamen. *KorrFZ*, 247; 1884.
Kirby: Experimente über Amalgame. *Record*, 9, 406; 1891.
Kirby: Einige Versuche über die Eigenschaften der Amalgame. *JfZ*, 6, 32, 247; 1892.
Röse: Über die Prüfung des Randschlusses von Zahnfüllungen. *ZWbl.*; 1893.
Witzel: Das Füllen der Zähne mit Amalgam usw. Berlinische Verlagsanstalt Berlin NW 23, 1899.

1900–1909

- Eckström und Elander*: Einige Worte über die Amalgamfrage Regl. 1400 Nr. 1, *Badr. JfZ*, 3, 33; 1900 und 12, 177; 1900.
Eckström: Eine Antwort auf die in der DMfZ Juni 1900 erschienene Besprechung von Prof. *Ad. Witzel* über die Prüfung der Amalgame mittels der Eosinprobe. *JfZ*; 7. 1900.
Witzel: Über die Prüfung der Amalgame mittels der Eosinprobe. *DMfZ*, 253; 1900.
Fenchel: Exakte Messungsmethoden der Formveränderung von Amalgamen. *KorrFZ*, 298; 1901.
Witzel: Zahnschliffe mit Füllungen aus Gold, Zinngold, Amalgam, Guttapercha und Porzellan. *DMfZ*, 3, 126; 1902.
Friedmann: Betrachtungen über neuere und ältere Amalgamuntersuchungen. *DZW*, 36; 1903.
Greve: Experimente über Amalgam. *DMfZ*, 5, 257; 1903.
Hedström: Über die Porosität der Amalgame. *OlZfStom.*, 243; 1903, und Reflektor, 2; 1903.
Lemley: Zemente. *DentCos.*; 1903.
Morgenstern: Untersuchungen der Silikat- und Zinkphosphatzemente unter besonderer Berücksichtigung ihrer physikalischen Eigenschaften. *OlVfZ*, 514; 1905.
Thiersch: Warum wir Molaren und Prämolaren mit Goldeinlagen füllen. *SVjFZ*, 265; 1906.
Lartschneider: Bericht über eine größere Anzahl von Silikatzementfüllungen. *OlVfZ*, 405; 1907.

1910–1919

- Richter*: Weitere Erfahrungen und Versuche mit Silikatzementen. DMfZ, 420; 1910.
Kulka: Neue Ergebnisse der Zementforschung. Österr.-Ung. Vjschr., 43; 1911.
Proell: Experimentelle Untersuchungen über die Ursache des Pulpatodes unter Silikatzementen nebst theoretisch-praktischen Studien über Zemente und andere Füllmaterialien. DMfZ, 94; 1913.
Richter: Welchen Wert hat die Richtersche Silikatzementprobe als sogenannte Prüfungsnorm für die schnelle Wertbestimmung der Silikatzemente. DMfZ, 536; 1913.

1920–1929

- Fenchel*: Amalgame, Untersuchungs-, Verarbeitungs- und Herstellungsmethoden. Slg. Meußen, 9, 21; 1920.
Seitz-Weigle: Experimentelle Beiträge zu den Zahnfüllungsmethoden. DMfZ, 491; 1920.
Roth: Experimentelle Beiträge zu den Zahnfüllungsstoffen. DMfZ, 463; 1921.
Dieck: Über methodische Prüfung der Silikatzemente. DMfZ, 8, 224; 1922 und 10, 289; 1922.
Hensel: Über die Methoden der Silikatzementprüfung, ihre Vereinfachung und ihre Bewertung. DMfZ, 494–503; 1922.
Rühle: Die Prüfung des Randschlusses vermittels kolloidaler Farbstoffe. DMfZ, 152; 1922.
Grimsehl: Lehrbuch der Physik. Verlag v. G.B. Teubner, Leipzig Berlin 1923.
Meister: Bemerkungen zu der Arbeit *Cserneys*. RR, 49; 1925.
Radmann: Sind die Silikate in Form und Volumen beständig? DMfZ, 57; 1925.
Sommer: Zu den Untersuchungen von *Bauchwitz* über die Durchwanderung von Bakterien durch Schmelz und Dentin. ZR, 43, 744; 1926.
Haber: Notwendige Forderungen für die Prüfung der Widerstandsfähigkeit und Formbeständigkeit plastischer Füllmaterialien, insbesondere der Amalgamfüllungen. ZR, 806; 1927.
Loebich: Über Amalgamprüfungsmethoden. DZW, 18; 1928.
Tiscornio: Über die Durchlässigkeit der Silikatzemente für Flüssigkeiten, besonders Tee, Kaffee, Wein, Paraguaytee. Reg. Fortschritte, 2, 619; 1928.
Cserney: Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhle. ZR, 5, 181; 1929.
Loebich und Nowack: Die Beständigkeit von Amalgamfüllungen gegenüber chemischen Einflüssen. DZW, 17; 1929.
Meister: Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhle. Bemerkungen zu der Arbeit von *Cserney*. ZR, 49, 2032; 1929.
Sulke: Bemerkungen zu dem Aufsatz von Dr. *Cserney*: Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhle. ZR, 16, 674; 1929.

1930–1939

- Bardaszowna*: Durchlässigkeit der provisorischen Füllungsmaterialien für Farbstoffe und Bakterien. Polska Stomatologia, 8; 1930.
Heß-Walkhoff: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Verlag von Hermann Meußen, Leipzig 1931.
Loebich: Zur Frage des Randschlusses von Amalgamfüllungen. DZW, 1369; 1931.
Schoenbeck: Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Materialienkunde. Berlin 1931, S. 127–153.

- Crowell*: The development of physical testing of dental materials and specifications for testing methods. JAmDentAss., 87–97; 1932.
- Rawitzer*: Allgemeine Methoden der Materialprüfung bei der Untersuchung von Zahnzementen. DZW, 1131; 1932.
- Mahnke*: Über die wichtigsten Untersuchungsmethoden der Silikatzemente. In.-Diss. Leipzig 1934, Nr. 4647.
- Pfaffenbarger und Sweeney*: Specification for Dental Materials. JAmDentAss., 4, 660; 1934.
- Salzmann*: Mundbeständigkeit schnellhärtender Zemente. ZR, 40, 1630; 1934.
- Davis*: Testin Cements as a Dentist would test them. JNatDentAss., 22, 830; 1935.
- Hahn*: Zur Amalgamfrage in der Praxis. DZW, 13; 1935.
- Choulant*: Zur Amalgamfrage in der Praxis. DZW, 42; 1936.
- Linke*: Über die Raumbeständigkeit der Füllungszemente. In.-Diss. Leipzig 1936.
- Streich*: Zur Kenntnis der Durchlässigkeit einiger Füllzemente für Bakterien und Farbstoffe. In.-Diss. Leipzig 1936.
- Falk*: Einführung in die Werkstoffkunde für Zahnärzte. Lehmanns Verlag, München-Berlin 1937.
- Greth*: Füllungsmaterialien und Füllungsmethoden im Lichte neuerer Forschung 1935/1936. Übersichtsreferat im Zentralblatt, 2, 129; 1937.
- Knöber*: Versuche über die Durchlässigkeit von Zahnzementen für Bakterien und Flüssigkeiten. Diss. Münster 1937 u. Bielefeld 1937, Verlag Beyn u. Hausknecht.
- Schulte*: Vergleichende Untersuchungen über verschiedene bekannte Silikatzemente. In.-Diss. Anklam 1938.
- Tappe*: Eignung der Steinzemente als zahnärztliches Füllungsmaterial. In.-Diss. Bonn 1938.
- Kunert*: Neue Untersuchungen über Phosphatzemente unter besonderer Berücksichtigung der Volumenbeständigkeit und der Klebkraft. Med. Diss. Köln 1939.
- Twor*: Amalgamuntersuchungen. SMfZ, 441; 1939.

1940–1948

- Lemke-Keßler*: Untersuchungen über die Durchlässigkeit zahnärztlicher Zemente für Bakterien und Flüssigkeiten. DZW, 1, 10; 1941.
- de Trey, Gebr.*: Die Frontzahnfüllung. Wissenschaftl. Abt. v. Gebr. de Trey, Zürich 1941.
- Deppe*: Selbsthärtende Kunststoffe. DZW, 9, 115; 1942.
- Hoßkamp*: Kunststoff für Füllungen. DZW, 2, 23; 1942.
- Schudel*: Klinische und histologische Untersuchungen von Granulomen nach Iontophorese – Behandlung mit Jod-Jodkali und Cibazol. Diss. Zürich 1942.
- Haußmann*: Füllungen aus Kunststoff, experimentelle und klinische Untersuchungen. DZW, 9, 115; 1942.
- Castagnola*: Untersuchung über die abtötende Wirkung einiger neuerer Medikamente auf die Gangränbakterien usw. SMfZ, 56, 5, 437; 1946.
- Delder*: Physikalische Werkstoffprüfungen an Zahnprothesen im Laboratorium und am Patienten. SMfZ, 53, 5 u. 6; 1943.
- Häfeli*: Aufbau und Eigenschaften von Dentalkunststoffen. SMfZ, 778; 1947.
- Schwarz*: Ein neues Material für Füllungen, Kronen, Brücken sowie Wurzelbehandlungen. SMfZ, 667; 1947.
- Heuser*: Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluß von Füllungen. Stoma, Vierteljahrsbeilage der ZW, 1, 5; 1948.
- Santorik und Stich*: Polyflux, ein neues Material zum Gießen von Prothesen. Blätter f. Zahnheilkunde, Zürich, 46; 5.1948.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. *Heß*, danke ich für die liebenswürdige Überlassung des Themas und für die stets bereitwillige Unterstützung beim Werdegang dieser Arbeit herzlich.

Auch bin ich den Leitern der Schulzahnkliniken von Zürich, Herrn Dr. *Reiser* und Herrn Dr. *Wettstein* für ihre Hilfe beim Zusammentragen des Materials zu Dank verpflichtet.

Curriculum vitae

Ich wurde am 4. Dezember 1912 in Brugg geboren und besuchte dort die Primar- und Bezirksschule. Das Gymnasium schloß ich 1934 mit der Maturität am Kollegium in Schwyz ab.

Meine vorklinischen Semester absolvierte ich an den Universitäten von Zürich und Freiburg, alle klinischen Semester an der Universität von Zürich, wo ich im Frühjahr 1946 die zahnärztliche Fachprüfung bestand.

Nach einjähriger Assistentenzeit in der Privatpraxis bin ich seit Frühjahr 1947 an der Konservierenden Abteilung des Zahnärztlichen Institutes der Universität Zürich unter Prof. Dr. med. *W. Heß* als Assistent tätig.

